N° 22 30 NOVEMBRE 1930

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — Directeur : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

Directeur : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur du Muséum national d'Histoire Naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Ch. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Art de l'Ingénieur.

La production et les applications industrielles du froid.

Un très gros effort a notamment été accompli au cours de ces dernières années pour la construction, dans tous les grands centres et dans les ports de mer d'entrepôts frigorifiques qui servent au stockage de nombreuses denrées, tandis que la propagande effectuée de tous côtés en vue du développement de la consommation du poisson de mer amenait également la création d'entrepôts frigorifiques spéciaux pour la conservation des produits de la pêche.

On trouve aujourd'hui des installations frigorifiques industrielles et domestiques de toute importance qui utilisent une gamme très étendue d'appareils, depuis ceux qui produisent quelques centaines ou quelques milliers de frigories-heure jusqu'aux machines dont la puissance frigorifique est de l'ordre du million de frigories-heure.

Toute installation frigorifique comporte en principe, trois groupes d'éléments : ceux destinés à la production du froid, ceux qui assurent la conservation du froid et enfin ceux qui permettent l'utilisation du froid. Nous nous proposons de dire quelques mots des méthodes modernes de production et de conservation du froid, puis de donner un aperçu de ses principales applications.

La méthode généralement utilisée pour obtenir un abaissement de température consiste à absorber de la chaleur par l'évaporation forcée d'un liquide convenablement choisi, dit « liquide frigorigène » ; les mélanges réfrigérants qui servent à la préparation des mets glacés ne sont guère employés industriellement. Les liquides frigorigènes doivent par définition, avoir une grande chaleur d'évaporation, même sous une faible masse; ils doivent, de plus, être d'une préparation industrielle facile, pouvoir être obtenus dans un état de pureté suffisante et être d'un prix de revient acceptable; il faut également qu'ils ne puissent avoir aucun effet nocif et que leur emploi ne soit pas une source de dangers.

Les corps frigorigènes les plus fréquemment utilisés sont l'ammoniaque, l'anhydride sulfureux, l'anhydride carbonique, le chlorure de méthyle et le chlorure d'éthyle; il existe également tout un groupe de machines qui utilisent la vaporisation de l'eau : ce liquide constitue évidemment le réfrigérant le plus économique, mais sa faible chaleur de vaporsiation a posé des problèmes difficiles à résoudre, dont les techniciens ont heureusement triomphé.

L'évaporation continue du liquide frigorigène est provoquée par l'aspiration des vapeurs au fur et à mesure qu'elles se forment; cette aspiration peut être obtenue, soit par une pompe à gaz qui fonctionne en même temps comme compresseur soit par un éjecteur de vapeur, soit, pour certains fluides, par dissolution dans l'eau. D'où trois types de machines frigorifiques les machines à compression, les machines à éjection, et les machines à absorption.

Dans les machines à compression, le liquide frigorigène est placé dans un récipient spécial, généralement en forme de serpentin, dit évaporateur, et les vapeurs émises sont aspirées par un compresseur à double effet : l'une des courses du piston produit l'aspiration, et la course suivante provoque tout d'a-

bord la compression, puis ensuite le refoulement des vapeurs aspirées dans l'évaporateur; celles-ci sont ainsi refoulées par une conduite dans un appareil dit liquéfacteur ou condenseur avec une pression suffisante pour qu'elles s'y condensent, le refroidissement nécessaire étant assuré par une circulation d'eau. Après condensation, le liquide frigorigène retourne dans l'évaporateur où son admission est contrôlée au moyen d'une vanne dite de réglage; il décrit ainsi un cycle fermé et l'aspiration continue des vapeurs constamment suivie d'une nouvelle vaporisation, produit dans l'évaporateur un abaissement de température considérable. Cet abaissement de température peut être utilisé de deux manières différentes : soit par circulation directe d'air au contact du serpentin de l'évaporateur, soit par l'intermédiaire d'une circulation de saumure; on désigne ainsi une solution saline incongelable de chlorure de sodium, de chlorure de calcium ou de chlorure de magnésium qui, décrivant également un cycle fermé, vient se refroidir au contact de l'évaporation, et par l'intermédiaire de canalisations va porter les frigories dans les locaux à refroidir.

Les compresseurs utilisés dans les machines frigorifiques à compression doivent avoir un espace nuisible aussi réduit que possible, des soupapes à grande section, et l'on tend à leur donner de grandes vitesses de rotation, cela afin, que d'une part, à puissance égale, ils soient moins encombrants, et que d'autre part, on puisse les commander directement par des moteurs de tous les genres, et notamment par des moteurs à explosion ou des moteurs électriques. Les types de compresseurs utilisés sont extrêmement nombreux : compresseurs horizontaux; compresseurs verticaux et même compresseurs rotatifs; d'ailleurs, à côté des compresseurs ordinaires, plusieurs firmes ont établi des compresseurs compound et des appareils multicompresseurs à détentes successives : les vapeurs y sont comprimées en deux fois avec refroidissement entre les deux étapes.

L'organe essentiel des appareils à éjection est l'éjecteur, sorte de trompe à vapeur, qui, remplaçant le compresseur aspire les vapeurs du liquide réfrigérant (généralement l'eau) pour provoquer son évaporation. Dans certaines installations, on aspire les vapeurs de la dissolution saline elle-même qui joue ainsi simultanément le rôle de frigorigène, grâce à sa vapeur d'eau, et celui de saumure. Ces appareils, qui consomment de grosses quantités de vapeur, sont très utilisés à bord des navires où ils donnent le maximum de sécurité; leur fonctionnement est très sûr; ils ne contiennent aucun corps toxique ou dangereux; et peuvent utiliser directement comme saumure l'eau de mer.

Ils ont, notamment à bord des navires de guerre et des paquebots, de multiples utilisations : refroidissement des soutes à munitions, conservation des vivres, refroidissement de l'eau potable, et réfrigération des locaux, etc...

Les machines à absorption sont basées sur l'extrême solubilité de certaines vapeurs dans l'eau; pratiquement on utilise presque toujours la vapeur d'ammoniaque qui se trouve absorbée par l'eau en quantité considérable. Dans les machines frigorifiques, basées sur ce principe, on retrouve comme dans les machines à compression et les machines à éjection, l'évaporateur et le liquéfacteur, mais le compresseur (ou l'éjecteur) y est remplacé par un appareil dit absorbeur ou saturateur, où se fait la dissolution de la vapeur ammoniacale dans l'eau. Le cycle est alors le suivant : les vapeurs ammoniacales passent de l'évaporateur dans l'absorbeur et se dissolvent dans l'eau, lorsque cette solution est saturée, elle est envoyée par un moyen quelconque dans un bouilleur où les vapeurs d'ammoniaque se dégagent pour aller se condenser dans le liquéfacteur sous sa propre pression, puis pour repasser dans l'évaporateur. Certains appareils basés sur ce principe ne comportent aucun organe mécanique, mais seulement un organe de chauffage destiné à provoquer la distillation de l'ammoniaque. Les machines à absorption sont surtout employées comme petites machines domestiques; elles présentent l'avantage de pouvoir utiliser le gaz d'éclairage pour leur fonctionnement.

Certaines machines frigorifiques sont basées sur des principes différents, mais ne sont pas encore entrées dans la pratique industrielle courante. C'est le cas des compresseurs rotatifs à vapeur d'eau et des machines frigorifiques à air qui ont été étudiées par Maurice Leblanc, auquel on doit d'ailleurs les machines frigorifiques à vapeur d'eau par éjecteurs dont la construction a fait de si rapides progrès (machines étagées).

Nous venons de voir quels étaient les principes de la production du froid; ce froid étant obtenu, il s'agit de le conserver afin de pouvoir l'utiliser sans déperditions exagérées et, par conséquent, avec un rendement convenable dans les chambres froides.

La température des chambres de conservation des denrées doit non seulement être suffisamment basse (elle varie avec le genre de denrées à conserver et suivant que l'on désire simplement réfrigérer ou congeler) mais elle doit aussi être absolument constante, car c'est souvent de la constance de la température que dépend la bonne conservation des denrées. Cela nécessite une isolation thermique parfaitement étudiée, et les économies réalisées de ce côté sont généralement fort coûteuses. Une belle salle de machines, parfaitement aménagée, ne diminue en rien la nécessité d'un isolement thermique rigoureux. Il ne suffit d'ailleurs pas d'obtenir une température constante, il faut aussi tenir compte de l'état hygrométrique : l'air doit être aussi sec que possible, et fréquemment renouvelé.

L'isolement thermique est obtenu par l'emploi de matériaux isolants qui ne sont autres que des matériaux calorifuges. Ceux-ci sont caractérisés par un faible coefficient de transmsision (déperdition de frigories par heure et par mètre carré de surface de la paroi pour une différence de température égale à 1 degré entre ses deux faces). Un bon isolant doit non seulement avoir un faible coefficient de transmission,

mais aussi un faible poids spécifique (ces deux caractéristiques ne sont pas d'ailleurs indépendantes) ne pas être hygroscopique, pouvoir sécher rapidement et facilement s'il est accidentellement mouillé, être imputrescible, ne pas dégager d'odeur désagréable, ne pas subir de tassement dans les constructions et, d'une manière générale, offrir toute garantie de durée et de résistance aux agents destructeurs. L'air immobile est un excellent calorifuge, c'est d'ailleurs lui qui est le véritable isolant dans les matériaux légers employés dont il remplit tous les pores.

Parmi les isolants d'utilisation courante, citons la laine minérale (laine de scorie) le charbon de bois (charcoal), le liège, le kieselguhr, le béton cellulaire, la tourbe qui présente l'avantage d'absorber les mauvaises odeurs, etc...; mais le plus fréquemment employé dans l'industrie frigorifique est le liège sous forme d'agglomérés, de plaques, de briques. Alors que le liège granulé est en général hygroscopique et putrescible, le liège aggloméré à la caséine et surtout au ciment, au brai, répond aux conditions désirées.

Les applications du froid sont aujourd'hui extrêmement nombreuses, car elles sont sorties du domaine alimentaire et s'étendent à des industries diverses telles que les industries chimiques et celles du bâtiment. Dans les industries chimiques le froid est utilisé pour faciliter les phénomènes de condensation (fabrication du benzol) et la prise des colles et des gélatines dans la parfumerie, pour la fabrication de la soie artificielle, la préparation des explosifs, dans l'industrie du caoutchouc, dans celle des produits photographiques et pharmaceutiques, dans la margarinerie, etc...

Dans le domaine de la construction on doit mentionner les procédés de fondations par congélation du sol, les installations « frigorifères » dont sont aujourd'hui munis certains hôtels de grand luxe pour le rafraichissement des chambres pendant la saison chaude, la réfrigération des salles de spectacle, etc... Il faut encore citer le refroidissement des soutes à munitions dans les navires de guerre, la création de pistes artificielles pour le patinage sur glace, etc.. Toutefois les plus importantes applications du froid industriel, sont celles qui touchent l'alimentation, et surtout la conservation des denrées et la fabrication de la glace. La conservation par le froid de la viande et du poisson, a pris aujourd'hui une importance considérable, qu'il s'agisse de viande réfrigérée ou de viande congelée, d'abattoirs frigorifiques, de chambres frigorifiques installées à bord des chalutiers, d'entrepôts frigorifiques terrestres, de wagons frigorifiques ou isothermes, etc...

La glace peut être utilisée soit directement dans l'alimentation, soit comme véhicule de froid pour de nombreuses applications; sa fabrication a pris un grand développement et s'effectue aujourd'hui dans d'importantes usines; l'eau à congeler est placée dans des récipients appelés « mouleaux » qui affectent la forme de pyramides tronquées et qui sont eux-mêmes placés dans des bacs à glace contenant la saumure ou le liquide réfrigérant.

On distingue diverses qualités de glace suivant la pureté de l'eau avec laquelle elle est fabriquée : glace d'eau de source, glace translucide, glace cristal, etc... cette dernière la seule absolument transparente, est préparée avec de l'eau distillée. Des recherches scientifiques fort intéressantes ont permis de montrer, en suivant le processus de la cristallisation, que l'on pouvait préparer de la glace pure même avec de l'eau impure : au fur et à mesure de la cristallisation qui commence par l'extérieur, les impuretés de toute nature se trouvent repoussées vers le centre, et il suffit d'éliminer la partie centrale pour que la glace obtenue soit apte à l'alimentation.

L. P.

***

Le problème de la sécurité dans les distributions d'énergie électrique.

Dans les stations de production et de transformation, il arrive parfois que le personnel, pourtant averti, ait tendance à se méfier beaucoup plus des machines rotatives qui font du bruit. et lancent des étincelles, que des installations fixes, qui bien que sous tension, ont un aspect beaucoup plus inoffensif. C'est par une conception judicieuse des aménagements de la station qu'il est possible de réduire les chances d'accident, et notamment, par un espacement suffisant des divers éléments à haute tension, une protection bien étudiée des barres, feeders, etc... un isolement aussi parfait que possible des machines, transformateurs, etc... et surtout par une réduction au strict minimum des conducteurs nus exposés à des contacts accidentels.

Du côté des usagers, beaucoup trop d'accidents sont encore dus à des installations défectueuses, souvent d'autant plus dangereuses qu'un préjugé courant estime inoffensives des différences de potentiels de l'ordre de 110 volts; c'est là une grande erreur, car même en admettant que l'on connaisse la différence de potentiel maximum à laquelle se trouve exposé l'usager, l'intensité du courant qui peut traverser accidentellement le corps de ce dernier est absolument inconnue, et elle est susceptible d'atteindre des valeurs très élevées lorsque le corps humain constitue une terre plus ou moins franche comme cela peut arriver dans les locaux humides, dans une baignoire, etc. Aussi est-il nécessaire que toutes les installations, même à basse tension, soient rigoureusement isolées, avec des matériaux isolants bien appropriés, durables et inaltérables par l'humidité, toutes les précautions utiles étant prises afin qu'il ne se trouve jamais de conducteurs nus sous tension; d'autre part, on ne saurait trop recommander aux usagers incompétents de s'abstenir de toucher aux installations électriques, et à ceux qui ont des connaissances suffisantes en la matière, de toujours couper le courant afin d'éviter tout accident pendant la durée de leurs travaux.

Une cause d'électrocution très fréquente, surtout dans les distributions rurales, forcément moins surveillées que les distributions urbaines, est le contact

plus ou moins franc des lignes à tension élevée (supérieure à 10.000 ou 15.000 volts) avec les lignes à basse tension qui desservent les abonnés. Des contacts de ce genre peuvent se produire accidentellement sur les poteaux ou pylônes qui servent à la fois de supports aux fils, de transport d'énergie à haute tension, et aux fils de distribution à basse tension, dispositif qui est d'ailleurs abandonné pour les installations nouvelles. Des contacts dangereux peuvent également résulter d'avaries survenues dans les transformateurs, par suite de surtensions ou d'autres causes. Le remède le plus fréquemment proposé pour supprimer ces inconvénients est la mise à la terre des réseaux haute tension et basse tension, ainsi que des masses métalliques des installations, mais l'efficacité de cette mesure est controversée par certains techniciens, la protection obtenue dépendant de nombreux éléments, tels que la position des circuits de terre, la qualité de la prise de terre réalisée, etc... on a pu prétendre que dans certains cas la mise à la terre pouvait aggraver le danger au lieu de le diminuer; et cela peut être vrai lorsque la mise à la terre n'est pas faite avec tous les soins désirables. C'est ainsi que lorsqu'une installation à haute tension est mise à la terre dans un sol suffisamment humide, il peut exister autour de la prise de terre une tension gênante, qui, dans certains cas, est susceptible de devenir dangereuse; d'autre part, si le sol devient par trop sec, ou que, par malveillance ou par accident, les fils de terre de certains éléments, de l'installation se trouvent coupés, la mise à la terre sur laquelle on croit pouvoir compter n'existe plus ou se révèle inefficace. Il existe bien dans les stations centrales de production ou de transformation des dispositifs qui sont capables de couper le courant en cas d'accident anormal, mais une perte de courant, si elle est insuffisante pour actionner les appareils de sécurité peut être parfaitement suffisante pour produire de graves accidents d'électrocution. Aussi est-il absolument indispensable d'étudier d'une manière très sérieuse les mises à la terre des réseaux de distribution.

Nous remarquons à ce propos que le règlement du 30 avril 1927, relatif à la sécurité dans les distributions d'énergie électrique, maintient l'interdiction d'utiliser la terre pour remplacer l'un des fils de distribution, bien qu'une telle solution soit susceptible d'amener une économie sérieuse dans l'établissement des lignes électriques.

Contrairement à une opinion assez répandue, les coups de foudre sur les lignes de transport et de distribution d'énergie électrique ne sont que rarement une cause directe d'électrocution, mais ils en sont souvent une cause indirecte, par suite des détériorations qu'ils peuvent provoquer dans les installations, notamment par suite de la perforation des isolateurs et des contacts accidentels haute tension basse tension qui peuvent en résulter : aussi est-il indispensable pour la sécurité, de calculer les isolateurs de manière qu'ils puissent résister à l'effet des surtensions provoquées par la foudre; les transformateurs doivent également être établis de façon que les coups de foudre ne puissent engendrer aucune mise à la terre accidentelle.

Le problème de la protection contre les intensités anormales est le même que celui de la protection contre les courts-circuits. Nous nous contenterons de rappeler que de grands progrès ont été réalisés au cours de ces dernières années, tant en ce qui concerne les coupe-circuit fusibles dont il existe aujourd'hui des modèles très perfectionnés tant en ce qui concerne les disjoncteurs, de fonctionnement toujours plus rapide et plus sûr. De petits disjoncteurs sont employés comme coupe-circuit, même dans les installations de faible importance, et pour les grandes puissances on a recours à des disjoncteurs ultra-rapides, fonctionnant dans l'air ou dans l'huile, souvent combinés avec des dispositifs limiteurs qui augmentent notablement leur rapidité d'action; des disjoncteurs ultra-rapides sont établis pour courant alternatif comme pour courant continu. Signalons, en passant, l'emploi de rupteurs thermiques constitués par deux lames métalliques accolées, à coefficient de dilatation différent, et dont la déformation sous l'action d'un échauffement peut être utilisée pour provoquer la rupture du courant; les appareils basés sur ce principe, permettent de réaliser un déclenchement en fonction, non seulement de l'intensité du courant, mais aussi de la durée de la surchage.

Jusqu'à ces dernières années, on était moins bien armé pour se prémunir contre les surtensions qui sont susceptibles de causer, comme les surintensités, de graves avaries au matériel. La principale cause des surtensions réside dans les arcs qui peuvent jaillir entre la ligne et la terre par suite de divers phénomènes, et notamment de coup de foudre. De nombreuses expériences effectuées récemment (notamment par Dauzère, à l'Observatoire du Pic du Midi) ont permis d'arriver à une connaissance plus approfondie des manifestations de la foudre; elles ont montré, en particulier, que les lieux les plus exposés ne sont pas toujours, comme on pourrait le croire, les points culminants, mais, au contraire, les lignes de contact de deux terrains géologiques différents : il est possible de déterminer dans chaque région les zones où les coups de foudre sont les plus fréquents et les plus dangereux, et il y aurait le plus grand intérêt à tenir compte de ces observations pour établir les lignes électriques en évitant ces zones.

D'autre part, comme nous l'avons dit tout à l'heure à propos de l'électrocution, isolateurs et transformateurs doivent être établis de manière à ne pas subir de détériorations par suite des coups de foudre. Un certain nombre de dispositifs, dont la description nous entraînerait trop loin ont été imaginés comme moyens de protection contre les surtensions; un des plus économiques et des plus efficaces est celui qui consiste à supprimer les dangers de mise à la terre accidentelle, par mise à la terre du neutre dans les distributions qui en comportent; cette mise à la terre s'effectue généralement par l'intermédiaire

de bobines spéciales. D'autres dispositifs ont pour but la mise à la terre automatique, de la ligne où se produit la surtension, mais seulement pendant le temps nécessaire à la disparition de la surtension. C'est le rôle des parafoudre auxquels on adjoint parfois aujourd'hui d'autres appareils de protection, tels que des appareils à bain d'huile.

Le problème de la protection des réseaux électriques contre les surintensités, les surtensions, et les mises à la terre accidentelles, a reçu d'autre part un certain nombre de solutions fort intéressantes, constituant ce que l'on appelle la protection sélective des réseaux; le but que l'on se propose est alors d'obtenir la mise hors circuit automatique et instantanée de la section du réseau, dans laquelle vient de se produire un accident ou un phénomène anormal, tout en continuant à assurer l'alimentation des consommateurs sur les parties du réseau en bon état. Cette séparation automatique se réalise aujourd'hui avec une grande précision, au moyen d'appareils et de réglages spéciaux basés soit sur une action différentielle, résultant du déséquilibrage qui se produit sur les lignes, soit sur d'autres phénomènes, tels que celui de la réactance; ces dispositifs permettent d'obtenir une protection satisfaisante des machines productrices et des appareils d'utilisation.

F. M.

*
**

Le benzol et le débenzolage du gaz de ville.

La question du débenzolage est une de celles qui ont exercé une grande influence sur l'évolution de l'industrie gazière depuis la guerre. La loi du 22 juillet 1923 rend en effet obligatoire la pratique du débenzolage et une commission spéciale, instituée par arrêté du 15 janvier 1925, est chargée d'étudier, pour chaque exploitation gazière, les dispositions opportunes à ce point de vue; cette commission fonctionne sous le double contrôle de l'Office national des combustibles liquides et de la direction des poudres. Un décret du 2 mars 1920 a d'autre part prohibé l'exportation du benzol hors du territoire national; des dérogations à cette prohibition de sortie peuvent cependant être accordées dans certains cas spéciaux sur avis conforme de l'Office national des produits chimiques et pharmaceutiques.

Le benzol contenu dans le gaz de ville et dans le gaz de four à coke constitue, en effet, un des sous-produits les plus intéressants de l'industrie gazière, ayant de nombreuses utilisations industrielles et surtout constituant un véritable carburant national.

C'est d'ailleurs en raison de l'intérêt national du benzol que le débenzolage a été rendu obligatoire et alors que, dans la plupart des exploitations, on procédait autrefois au benzolage du gaz pour augmenter son pouvoir éclairant, la pratique inverse du débenzolage ne cesse de s'étendre; elle a entraîné la suppression de la vérification de la qualité du gaz par le contrôle du pouvoir éclairant.

Le benzol brut est constitué par un mélange complexe d'hydro-carbures provenant de la distillation de la houille. Par distillation, on en tire le benzol-moteur, ou benzol-carburant, le benzol « 90 », pour les emplois industriels et un certain nombre de corps très employés dans les industries chimiques, tel que le toluol, le benzène, le toluène, le xylène, etc.

Le benzol provient, pour une faible part, de la distillation des goudrons qui en contiennent environ 1 % de leur poids; mais sa principale source est, de beaucoup, le débenzolage du gaz, opération qui consiste à capter les vapeurs d'hydrocarbures qui restent incorporées au gaz de ville ou de cokerie après condensation des goudrons.

Les procédés de débenzolage du gaz. Laissant de côté l'extraction du benzol contenu dans les goudrons — qui ne constitue qu'une phase de la distillation de ceux-ci — on peut diviser en trois catégories les procédés actuels de débenzolage du gaz : extraction par l'huile, extraction par adsorption, extraction par compression et refroidissement.

Le procédé le plus répandu pour l'instant est celui de l'extraction par l'huile. Il consiste à laver le gaz de houille avec de l'huile de goudron ou avec de l'huile anthracénique. Cette opération s'effectue dans des laveurs en tout point analogues à ceux qui sont utilisés pour le lavage à l'eau destiné à retenir les vapeurs ammoniacales. Dans bien des cas, on peut d'ailleurs utiliser les mêmes types de laveurs, statiques ou rotatifs.

Lorsque les huiles sont saturées par les hydrocarbures contenus dans le gaz on doit procéder à leur distillation afin de recueillir les produits qui constituent le benzol brut.

Dans les procédés par adsorption, on utilise pour retenir les hydrocarbures des adsorbants tels que le gel de silice et les charbons activés; l'emploi de ces derniers s'est beaucoup répandu depuis quelques années et certaines firmes, pour répondre aux desiderata des compagnies gazières, ont adopté des systèmes d'abonnement pour le remplacement des charbons usés, ce qui permet d'assurer un prix de revient régulier d'entretien, en rapport avec le volume du gaz traité.

Dans les procédés d'extraction à l'huile, le rendement de l'opération est d'autant meilleur que la température du gaz est plus basse; en général cette méthode permet de ne pas laisser plus de 6 grammes de benzol par mètre cube. Un nouveau procédé, utilisé en Allemagne et qui a été récemment signalé par la revue « Teer und Bitumen », consiste à comprimer le gaz, puis à le refroidir par détente pour recueillir le benzol : dans ces conditions, l'extraction du benzol se ferait avec un rendement indépendant de la température et l'on pourrait ne laisser qu'au plus 1 gramme de benzol par mètre cube de gaz traité; ce procédé permettrait en même temps d'éliminer presque totalement la vapeur d'eau.

La production et les utilisations du benzol en France. La production française de benzol ne cesse de s'accroître, par suite de l'application à de nouvelles

usines à gaz de la loi du 22 juillet 1923 et par suite de la mise en service de nouvelles batteries de fours à coke par les mines et usines métallurgiques. Voici, d'après le rapport présenté à l'assemblée générale ordinaire du 13 juin, par le Comité de l'Association des producteurs de benzol, les renseignements statistiques qui concernent la production française de 1926 à 1929 :

Production en tonnes.

	1926	1927	1928	1929
	—	—	—	—
Usines à gaz.....	10.300	12.700	14.100	15.300
Fours à coke et distillation du goudron.....	43.000	48.500	55.100	63.900
Total.....	53.300	61.200	69 200	79.200

En ce qui concerne le territoire de la Sarre, la production a été, en 1929, de 34.200 tonnes.

Pour l'année 1929, la répartition des produits du benzol a été la suivante (pour la France seule) :

Benzol 90.....	25 700	tonnes
Benzol moteur.....	32.200	—
Toluol.....	2.500	—
Solvant.....	6.300	—
Benzène, toluène, xylène, etc., etc.....	6.650	—
Produits divers.....	5.800	—
Total;	79.200	tonnes

Si, à la production française de 79.200 tonnes, on ajoute les importations qui se sont chiffrées par environ 20.000 tonnes, dont 12.000 en provenance de la Sarre et si l'on déduit les exportations (5.000 tonnes environ), on voit que la consommation française, pour l'année 1929, a été d'environ 95.000 tonnes se répartissant comme suit entre les diverses industries :

Fabrication de produits chimiques et pharmaceut. ..	15.000	tonnes
Vernis.....	3.000	—
Caoutchouc.....	8.000	—
Teinture, dégraissage.....	2.000	—
Encres.....	1.000	—
Divers (Os).....	1.000	—
Carburation.....	67.700	—

La France se trouve au quatrième rang des producteurs de benzol, après les Etats-Unis (500.000 tonnes), l'Allemagne (400.000 tonnes) et l'Angleterre (150.000 tonnes).

Le benzol carburant. Dès 1907, le benzol a été employé comme carburant par la Compagnie des omnibus de Paris. Depuis cette époque, son emploi dans les moteurs n'a cessé de se développer, mais il est encore loin d'avoir pris toute l'extension désirable.

Alors que la France consomme actuellement 1.600.000 tonnes d'essence et 15.000 tonnes d'alcool comme carburants, la consommation de benzol ne représente qu'à peine 4 % de la consommation totale. Ce chiffre est comparable à celui que l'on trouve en Angleterre, mais très inférieur à celui de l'Allemagne où la vente des carburants mixtes, essence-benzol, a pris une grande extension.

Le benzol carburant présente d'ailleurs de grands avantages techniques : c'est ainsi que son pouvoir calorifique utile est d'environ 8.500 calories par litre, contre 7.500 pour l'essence d'où économie de consommation, encore augmentée par la possibilité d'obtenir un rendement thermo-dynamique supérieur par augmentation du taux de compression des moteurs.

La faible différence de densité (0,87 contre 0,75 pour l'essence) permet d'ailleurs de ne pas modifier le carburateur : pour marcher au benzol, il suffit de réduire le diamètre du gicleur et, s'il y a lieu, d'augmenter légèrement l'avance à l'allumage. Pratiquement, si l'on emploie des mélanges à 30 ou 40 % de benzol, il est inutile de rien changer à un moteur réglé pour l'essence pure.

Enfin, le benzol est de tous les carburants celui qui possède le plus grand pouvoir antidétonant et il communique cette propriété à ses mélanges avec l'essence.

Le benzol carburant doit être préparé avec tous les soins désirables pour obtenir une grande pureté. Le fractionnement doit être effectué dans des limites assez étroites et il faut, d'autre part, éliminer complètement le soufre libre et l'hydrogène sulfuré qui pourraient provoquer la corrosion des organes mécaniques. Il faut également supprimer les hydrocarbures non saturés qui pourraient donner naissance, par oxydation ou polymérisation, à des produits résineux susceptibles de provoquer des dépôts dans les canalisations. On y parvient, la plupart du temps, par lavage du benzol à l'acide sulfurique concentré. Après purification complète, le benzol doit faire l'objet d'un contrôle sévère avant d'être livré à la consommation; l'essai le plus courant consiste à traiter le benzol par l'acide sulfurique et à mesurer la coloration ainsi obtenue.

Le benzol carburant offre de nombreux avantages pour l'alimentation des moteurs à explosion et on ne peut que souhaiter de voir se développer sa consommation. Une propagande active est faite à son sujet dans les divers pays par les associations de producteurs de benzol et, notamment, en France, par l'Union française des producteurs de benzol. On peut en attendre d'intéressants résultats.

L. P.

LES CONCEPTIONS NOUVELLES SUR LES TROPISMES DES PLANTES[1]

Celui parmi vous, qui connaît l'excellent traité de Maurice Rose « La question des tropismes » aura pu se demander : Pourquoi cette conférence ? Les conceptions nouvelles sur les tropismes des plantes ? Est-ce que nous ne les trouvons pas dans ce livre paru l'an dernier ? Est-ce que nous ne pouvons pas lire tout ce qui est connu sur ce sujet dans ce beau livre ? En effet, la plupart des investigations modernes y sont traitées admirablement. Mais pour me justifier je dois dire, que d'abord il y en a de plus récentes, dont je voudrais vous parler et puis je tiens à vous faire connaître les conceptions, qui actuellement dominent dans la sphère d'activité de mon laboratoire à l'Université d'Utrecht. On trouvera bien ces conceptions dans le traité de Maurice Rose, mais cela va sans dire, que dans un livre qui veut donner une compilation de nos connaissances actuelles, l'auteur n'a pu leur donner une place aussi prépondérante que nous pourrions le désirer.

Permettez-moi de vous rappeler d'abord en quelques traits les faits connus au commencement de ce siècle et les théories, qui s'y rattachaient. Lorsqu'une force extérieure unilatérale agit de telle manière sur la croissance d'un organe végétal quelconque, que celui-ci exécute une courbure, dont la direction a quelque rapport avec celle de la force mentionnée, on employait le terme tropisme et on combinait ce mot avec celui de la force agissante ; ainsi on parlait de phototropisme, de géotropisme, de thermotropisme, de galvanotropisme, etc. Après les investigations quelque peu tâtonnantes de la première partie du siècle dernier de Knight, Dutrochet et d'autres, ce ne furent que Sachs et ses élèves, qui commencèrent un examen détaillé de ces phénomènes.

Sachs s'opposait à Franck, qui croyait y voir des preuves de l'excitabilité de la substance végétale vivante. Néanmoins Sachs lui-même se dirigeait de plus en plus du côté de son adversaire et il semblait que la solution définitive fût donnée par Charles et Francis Darwin dans leur fameux livre de 1880 sur les mouvements des plantes. Il est bien vrai, que dans les premiers temps après que celui-ci venait de paraître, il y avait une forte opposition contre les idées des auteurs anglais, mais les adversaires eux-mêmes, en premier lieu Pfeffer et son école, devenaient plus tard les disciples les plus ardents de Darwin et même le surpassaient dans leurs conclusions. J'ai en vue plus spécialement Czapek ici.

Quelles furent ces idées ? On supposait que la matière vivante de la plante se trouverait dans un état d'équilibre métastable. Des forces extérieures comme la lumière et la pesanteur pourraient faire cesser cet équilibre et faire passer le protoplasma dans un état plus stable. Ce serait tout à fait comparable à l'excitation chez l'homme et les animaux, où la réaction est déclanchée par quelque force extérieure. On s'est hasardé assez loin dans ces hypothèses, qui égalisaient les réactions des plantes à ces réactions animales, qu'on désigne par le nom de réflexes. On a même commencé à employer dans la physiologie des plantes nombre de termes connus dans la doctrine de l'excitabilité animale. Je dois ajouter que pour moi la nécessité de ce procédé n'est pas démontrée ; bien au contraire il me semble que de cette manière on a apporté le trouble dans l'explication de tropismes des végétaux en y introduisant des termes sans beaucoup de sens au lieu de tâcher de voir plus clair. On se souvient alors du mot de Gœthe, que là où les idées manquent, un mot vient à propos. A mon avis la science devra suivre le chemin opposé ; c'est-à-dire, commencer par l'étude approfondie autant que possible des phénomènes d'excitation des plantes et lorsqu'on en connaît les détails, tâcher de les appliquer aux animaux où la différenciation est tellement plus grande que chez les plantes.

Mais revenons aux tropismes. Quoique au commencement de ce siècle il y ait déjà eu quelques recherches qui annonçaient le temps moderne, comme celle de Oltmanns, de Nathanson et Pringsheim et quelques autres, néanmoins on peut dater les nouvelles idées de l'an 1909, lorsque indépendamment deux chercheurs publièrent des recherches qui menaient aux mêmes conclusions, Fröschel à Vienne et Blaauw à Utrecht, le premier en 2 communications assez courtes, le second dans un mémoire beaucoup plus élaboré, qui restera certainement un des travaux classiques sur les tropismes des végétaux.

Le grand changement opéré par ces deux travaux, c'est que dorénavant dans le phototropisme il fallait s'occuper de mesures précises non seulement des réactions, mais aussi des excitants. La loi de Blaauw-Fröschel annonce que pour in-

[1] Conférence à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

duire une courbure minimum, qui soit justement visible à l'œil nu, il faut employer une quantité fixée de lumière, quantité qu'on exprime en multipliant l'intensité de la lumière (en bougies-mètres) par la durée de l'illumination (en secondes) ; ce produit s'appelle bougies-mètres-secondes (B. M. S.). Lorsqu'on augmente la quantité de lumière unilatérale, la courbure devient de plus en plus grande,

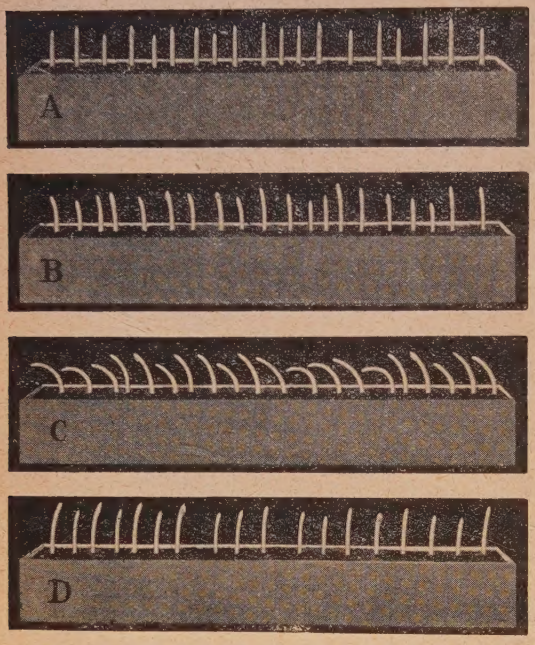

Fig. 1. — A. Des plantules d'avoine élevées à l'obscurité ; B. éclairées du côté gauche avec une quantité de lumière de 22 B. M. S.; courbure positive justement visible à l'œil nu ; C. De même, mais la quantité de lumière plus grande, 1.800 B.M.S., la courbure est beaucoup plus forte ; D. La quantité de lumière encore plus grande, 7.500 B.M.S., courbure négative.

mais seulement jusqu'à une certaine limite. En dépassant celle-ci on constate une diminution du degré de courbure et enfin pour une quantité encore plus grande, la réaction devient négative. Tout ça se voit dans la figure 1, qui a rapport au phototropisme de plantules d'avoine avec des quantités de lumière unilatérale différentes. Mais Blaauw déjà a pu constater, que des quantités de lumière encore plus fortes produisent une réaction positive dite seconde réaction. Donc au lieu de l'irrégularité à laquelle on devrait s'attendre selon la formule ancienne, il était clair que le tout se passait en bon ordre, qu'on pourrait mesurer l'interdépendance de la stimulation et de la réaction.

Plus tard, Arisz dans mon laboratoire a su donner une plus grande précision à ces relations. Je ne m'en occuperai pas, guère aussi de ses belles recherches sur les réactions qui surviennent, lorsqu'on éclaire des plantules de deux côtés différents, ce qui lui a donné la clef pour résoudre l'énigme de ce qu'on appelle disposition, aussi chez les végétaux.

On avait donc le droit de formuler la thèse, qu'une certaine quantité d'énergie appliquée du dehors donne lieu à une réaction définie. A cela venaient s'ajouter les faits divulgués par les expériences de Bach, de Maillefer et plus spécialement de Mlle Pekelharing, maintenant Mme Rutten-Pekelharing, en ce qui concerne le géotropisme, c'est-à-dire les courbures qui étaient exécutées sous l'influence de la pesanteur.

Comme pour le phototropisme aussi pour le géotropisme on pouvait distinguer un temps de présentation, c'est-à-dire un temps minimum qu'une excitation doive durer, afin de voir surgir plus tard une réaction justement visible à l'œil nu. Pour voir si ce temps a quelque rapport avec l'intensité de la stimulation, il faut faire varier la force excitatrice. Et pour la pesanteur cela semble être assez difficile.

Seulement on peut remplacer la pesanteur par la force centrifuge ou bien on peut faire altérer l'angle de l'organe étudié avec la verticale. Fitting nous avait fait connaître la loi, que l'action de la pesanteur est proportionnelle au sinus de cet angle. Si l'on fait varier la force agissante de cette manière, on trouve encore que le produit de la force par le temps d'excitation nécessaire pour provoquer la courbure minimum est une constante, donc t sin. α est k, si k désigne cette constante.

Cela ressemble quelque peu à la loi de Blaauw-Fröschel. Mais pour la lumière on peut lui donner une signification énergétique, tandis que pour la pesanteur ça devient un peu difficile. Cela a seulement quelque sens pour nous, si nous supposons qu'il s'agit chez la pesanteur d'une action sur des corpuscules en mouvement. Je n'ai pas l'intention de m'exprimer ici sur la théorie des statolithes de Haberlandt-Nêmec, parce que ça me prendrait trop de temps, sans nous avancer guère.

Du reste, je me limiterai dans cette conférence à une discussion du phototropisme et du géotropisme des plantes, parce qu'ils sont de beaucoup les plus connus, la plupart des recherches ayant rapport à ces deux tropismes. Après on pourra appliquer ce qu'on en sait aux autres tropismes moins étudiés.

Les recherches de Blaauw et ses successeurs immédiats n'avaient pas encore été faites sous des conditions absolument constantes. Mais bientôt Rutgers, Mlle de Vries et d'autres purent démontrer que la température exerce une influence très grande sur le temps de présentation. Cette influence était tout à fait comparable avec ce que

Blackman avait trouvé pour d'autres procès de la matière vivante ou même aux recherches de Duclaux sur les enzymes. Donc dorénavant il fallait s'installer de telle sorte, qu'on pourrait exécuter les expériences à des températures bien constantes; et en général l'environnage de la plante devait être tenu aussi constant que possible, même pendant la germination. Mais il y avait plus : aussi le matériel vivant devait être aussi uniforme que possible, c'est-à-dire, qu'il fallait employer des lignées pures. C'est ce que nous avons fait à Utrecht en nous procurant des lignées pures généralement de la Station expérimentale de Svalöf, et en nous servant de chambres qu'on tient à une température et une humidité constantes et où on peut régler l'illumination à volonté.

C'est dire que la physiologie des plantes doit se servir de méthodes, qui dans leur exactitude tâchent de suivre la physique et la chimie. On ne peut plus rien faire avec les anciennes méthodes, qui se faisaient en tâtonnant. Donc aussi la détermination de la croissance allait se faire autrement qu'auparavant. Blaauw le premier se servit de méthodes de mesures microscopiques très exactes, tandis que Koningsberger sut construire un auxanomètre qui peut satisfaire à des demandes très précises. Il a su manipuler de la sorte que l'inscription graphique de la croissance se fait dans une autre chambre que celle où la plante se trouve, de manière à ce que celle-ci ne soit pas troublée par les manipulations de l'enregis-

Fig. 2. — Inscription graphique d'une coléoptile d'avoine avec l'auxanomètre de Koningsberger. Les lignes succédantes indiquent le temps nécessaire pour l'accroissement de 10 μ. La flèche indique le moment de l'éclairement avec 2.000 B.M. pendant 1 1/2 secondes.

trement; la figure 2 laisse voir une telle inscription où la longueur de chaque ligne correspond au temps nécessaire pour une croissance de 10 μ d'une coléoptile d'avoine. La flèche indique le moment de l'éclairement de la plante pendant une 1/2 sec. avec une source de lumière de 2.000 B. M.

Mais laissons de côté ces quelques notes sur l'exécution des expériences et revenons à celles-ci et aux théories là-dessus. Il faut alors en premier lieu parler de la théorie de Blaauw, qui veut donner une explication du phototropisme. Blaauw renouvelle en quelque sorte l'ancienne théorie de de Candolle, qui le premier avait expliqué la courbure des plantes envers la lumière en tenant compte de l'intensité de cette lumière aux deux faces de la plante et de l'influence que la lumière exerce sur la croissance. Blaauw s'est dit, qu'il fallait avant tout savoir quelle est cette réaction de croissance de la plante à la lumière et il a étudié cette photoréaction de croissance pour les sporangiophores de Phycomyces, pour l'hypocotyle d'Helianthus globosus et pour des racines. Le résultat de ses recherches pour le Phycomyces, se voit dans les courbes de la figure 3. Si l'on cultive cette moisissure à l'obscurité et si après on donne la lumière de 4 côtés, il en résulte une

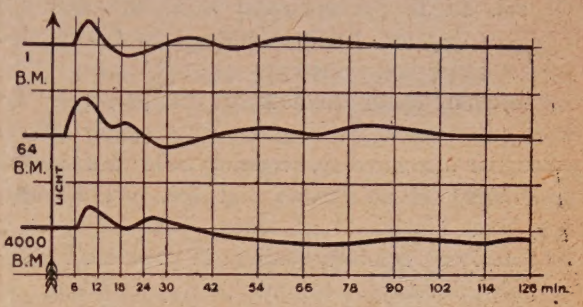

Fig. 3. — Photoréaction de croissance des sporangiophores de Phycomyces. La flèche donne le moment du commencement de l'éclairement avec les intensités de lumière, indiquées dans la figure. Les abscisses donnent le temps, les ordinats l'accroissement.

réaction très nette même avec une lumière très faible de 1 bougie-mètre. Après 6 minutes la croissance augmente pour diminuer après un certain temps, de manière à devenir plus faible qu'avant l'éclairement après environ un quart d'heure. On voit qu'il en résulte une courbe ondulatoire, jusqu'à ce que la croissance redevienne normale et régulière. Si l'intensité de la lumière est plus grande, on voit que l'on obtient des courbes quelque peu différentes, mais dont la forme générale est la même. Si maintenant on éclaire un tel sporangiophore d'un seul côté, il en résultera que la quantité de lumière des deux côtés ne sera plus la même. Le sporangiophore est très transparent et il y aura réfraction des rayons de lumière de manière à donner lieu à un foyer linéaire du côté détourné de la lumière; donc celui-ci subira une augmentation de sa croissance et il y aura une courbure phototropique positive. En tenant compte des photoréactions avec diverses quantités de lumière, Blaauw a su donner aussi une explication des courbures négatives de Phycomyces.

En ce qui concerne les plantes supérieures, Blaauw donne la photoréaction de croissance des axes hypocotylés du Hélianthus; là il y a une diminution de la croissance après illumination. Cela s'accorde avec un phototropisme positif après éclairement, parce que le flanc proximal reçoit

plus de lumière que le flanc distal. Pour les racines Blaauw a constaté que celles de Raphanus et d'Avena ne montrent ni phototropisme, ni photoréaction de croissance, tandis que celles de Sinapis, qui sont bien phototropiques accusent aussi une photoréaction assez nette.

Ces recherches de Blaauw ont eu un grand éclat. Seulement plus tard le doute est venu et on a commencé par une étude plus approfondie d'une seule plante, c'est-à-dire des plantules d'avoine au stade où l'on ne voit que le coléoptile au-dessus du sol. Ici la photoréaction a été mesurée par Sierp et Seybold, Koningsberger, mon fils et plus spécialement van Dillewijn.

Cherchons quels résultats ces différentes recherches ont donnés. Je tiens à vous rappeler que la coléoptile de l'avoine, comme celle des autres graminées, est un organe tant soit peu cylindrique, dont l'intérieur est creux. Cette cavité, qui est fermée au sommet, contient la première feuille, qui s'y développe et qui finit par percer la coléoptile. Jusqu'à ce moment-là, on peut employer ces plantules pour des expériences sur les tropismes, parce qu'elles réagissent d'une manière très exacte envers des excitants extérieurs; c'est spécialement le cas, lorsque les coléoptiles sont étiolées, ont été élevées à l'obscurité.

Il s'agit donc de savoir, comment la croissance de ces plantules se comporte, lorsqu'elles sont exposées à un éclairement venant de 4 côtés sous des angles de 90 degrés, ou de 3 côtés, sous des angles de 120 degrés.

En premier lieu on a constaté une grande différence entre le sommet et les parties sous-apicales de la coléoptile. L'éclairement de la pointe donne lieu à une longue réaction, comme on l'a appelé, celui de la base a une réaction courte; on voit ces deux réactions dans la figure 4, ainsi que la réaction de la plante totale. La longueur de cette pointe peut être évaluée à un demi-millimètre ou moins, la quantité de lumière qui suffit à déclancher une telle réaction est plus faible que 25 B. M. S. Généralement cette réaction débute par une augmentation, puis après il y a une diminution considérable. Pour ce qui est de la courte réaction, celle-ci exige beaucoup plus de lumière, un minimum de 800 B. M. S. et elle commence à se montrer presque aussitôt après le commencement de l'éclairement; on voit un retard, suivi d'une accélération. Lorsqu'on éclaire toute la plante, les deux réactions se superposent.

Quelle est la différence des intensités lumineuses des deux flancs d'une plantule d'avoine, éclai-

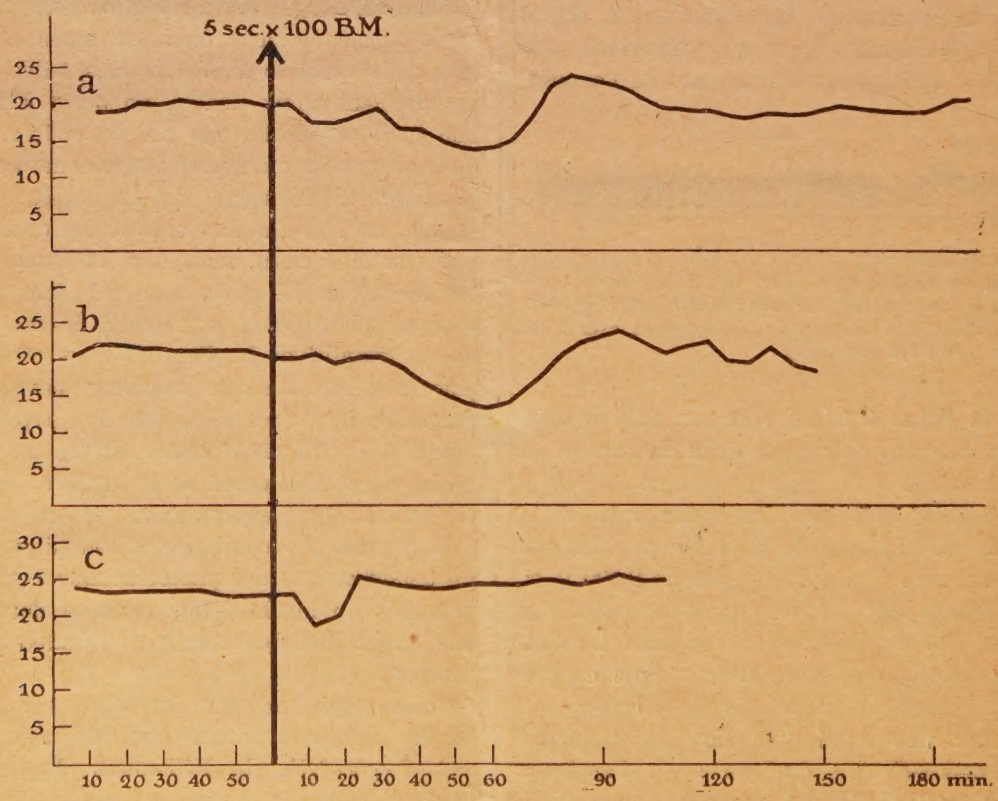

Fig. 4. — Photoréaction de croissance de plantules d'avoine. Sur l'axe des abscisses le temps, les ordinats donnent l'accroissement, la flèche le moment de l'éclairement avec 100 B.M. pendant 5 secondes.

A. Eclairement de toute la plante; — B. Eclairement seulement du sommet; — C. Eclairement seulement de la base.

rée d'un seul côté ? Les mesures de van Dillewijn, qui se servait de plaques photographiques, dont le degré de noircissement variait, donnaient un rapport de 30 : 1. On pourra alors selon la théorie de Blaauw prédire ce qui se passera dans la lumière unilatérale, lorsqu'on connaît la photoréaction de celle-ci et d'une quantité de 1/30

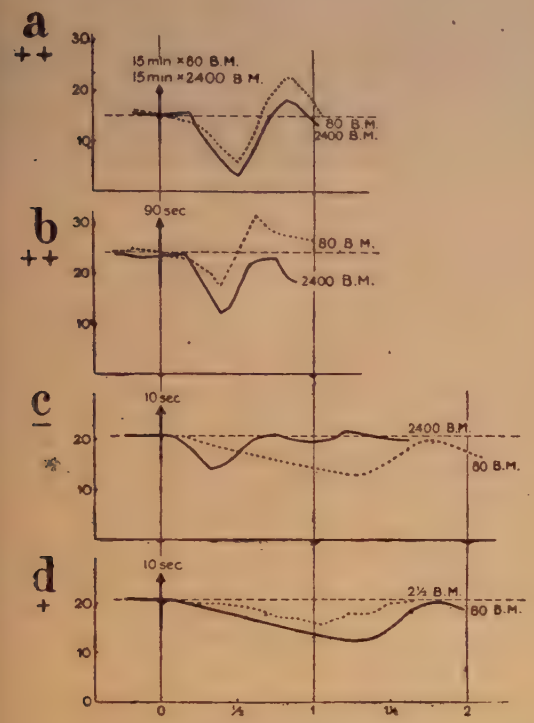

Fig. 5. — Photoréactions de croissance de plantules d'avoine après l'éclairement dans le cas :

A. Pendant 15 minutes avec 2.400 B.M et 80 B.M. ;
B. Pendant 90 secondes avec 2.400 B.M. et 80 B.M. ;
C. Pendant 10 secondes avec 2.400 B. M. et 80 B.M. ;
D. Pendant 10 secondes avec 80 B. M. et 2 1/2 B. M.

L'éclairement est indiqué par la flèche. Les abcisses donnent le temps, les ordinats l'accroissement.

de la première ; leur combinaison donnera la courbure. La figure 5 fait voir, que dans ces conditions un faible éclairement causera une réaction positive, que la même chose peut être dite pour des éclairements assez intenses. Pour des intensités moyennes la réaction doit être négative, quoique celle-ci peut être devancée par une réaction positive. Tout cela est absolument conforme aux expériences qui ont été exécutées par Arisz, il y a 18 ans.

Jusqu'ici il y a parfait accord entre la théorie et les faits observés. Mais dans ces dernières années Pisek, mon fils et d'autres ont fait observer que cet accord n'est qu'apparent. Aussi longtemps qu'on se borne à des mesures qualitatives, l'accord est parfait, mais les faits ne sont plus en accord du moment où l'on commence à appliquer des mesures quantitatives. On peut calculer la croissance des deux côtés en tenant compte des quantités de lumière qui y arrivent et de là calculer la courbure, qui doit en résulter. Mais, même en supposant que le flanc détourné de la lumière ne reçoit aucune trace de lumière, les courbures qu'on peut calculer sont absolument insuffisantes comparées à celles qu'on voit se produire réellement.

Donc la théorie de Blaauw, quels que soient d'ailleurs ses mérites, ne suffit plus pour donner une explication du phototropisme. Pour ce qui est du géotropisme, la chose est encore pire, parce qu'en premier lieu les investigations des dernières années donnent la certitude qu'une géoréaction de croissance n'existe pas. Mais même si elle existait, comme on doit l'admettre pour les nœuds des graminées, cela ne saurait donner une explication de la différence de croissance des flancs opposés d'une plantule que l'on a mis dans une position horizontale, parce que la pesanteur n'agit pas avec une intensité différente sur ces deux flancs.

Mais les trois ou quatre dernières années nous ont mis sur la piste d'une explication tout à fait différente de ces tropismes. Il faut pour parler de cela rebrousser chemin et nous occuper d'observations, qui ont été faites il y a presque vingt ans par Boysen-Jensen et quelques années plus tard par Arpad Paal. Voyons plus spécialement ce que ce dernier a trouvé.

Lorsqu'on décapite une coléoptile d'avoine de telle manière, qu'on ôte la pointe d'une longueur de 1 ou 2 millimètres, les plantes décapitées ne s'accroissent plus, ou plutôt, leur croissance devient beaucoup plus faible que pour des plantes intactes, comme cela se voit dans la figure 6. Lorsqu'on remet la pointe immédiatement à sa place primitive, la croissance se rétablit ; la même chose arrive, si on met un peu de gélatine entre la pointe et le moignon, tandis que la réaction ne se produit pas, si au lieu de la gélatine on se sert d'une mince lame de mica. Donc on arrive à la conclusion, que la pointe d'une coléoptile d'avoine produit une substance, qui agit de telle sorte que la croissance en soit augmentée, ou bien qu'elle soit une condition inséparable de la croissance, c'est-à-dire que sans cette substance la croissance s'arrête tout à fait. Dans ces dernières années Dolk a donné la preuve définitive, que la dernière hypothèse est exacte.

Avant de parler de ses expériences, il nous faut avant tout faire connaître la méthode, qu'on emploie pour obtenir ces substances de croissance. Cette méthode, que nous devons à mon fils, consiste à faire diffuser les substances de croissance

dans de l'agar ou bien dans de la gélatine ou de l'acide silicique gélatineux. On agit de la sorte qu'on décapite soigneusement un certain nombre de coléoptiles et qu'on met les sommets isolés sur

Fig. 6. — Tableau schématique sur la substance de croissance. En haut : à gauche plantule d'avoine, au milieu cette même plantule après un certain temps, montrant l'accroissement, à droite cette plantule après la décapitation, la croissance s'est arrêtée. En bas : à gauche sommets de plantule d'avoine sur de l'agar, celui-ci sera divisé en carrés (déjà indiqués dans la figure), au milieu une plantule décapitée, avec un tel carré d'agar, qui a repris sa croissance, à droite le carré d'agar placé latéralement, d'où il résulte une courbure de la plantule.

des plaques d'agar pendant environ deux heures (fig. 6). Puis on enlève les pointes et on laisse à l'agar un certain temps pour que les substances des sommets se distribuent également dans l'agar. Cet agar peut être conservé pendant plusieurs jours à une température près de zéro dans un frigidaire sans s'altérer. A des températures plus hautes les microbes ont une influence très nuisible sur les substances de croissance. L'agar est découpé en des carrés égaux et un de ces carrés est placé sur une plante décapitée. On voit alors la croissance commencer de nouveau ou plutôt se rétablir. Une méthode meilleure est de mettre le carré d'agar seulement sur un côté de la plantule décapitée ; car alors c'est ce côté, qui reçoit l'excès de substance de croissance et qui donc croît plus vigoureusement, que le côté qui n'en a pas reçu. Il en résulte une courbure négative très intense, c'est-à-dire détournée du côté du carré d'agar. Des échantillons de contrôle avec l'agar non traité ne donnent aucune courbure, la plante reste droite. La figure 7 fait voir qu'avec des quantités de substances égales, les angles de déviation aussi sont égaux.

On peut même doser exactement la quantité de substance de croissance, et de cette manière régler l'intensité de la courbure, qu'on peut mesurer par l'angle de déviation de la verticale. Mon fils

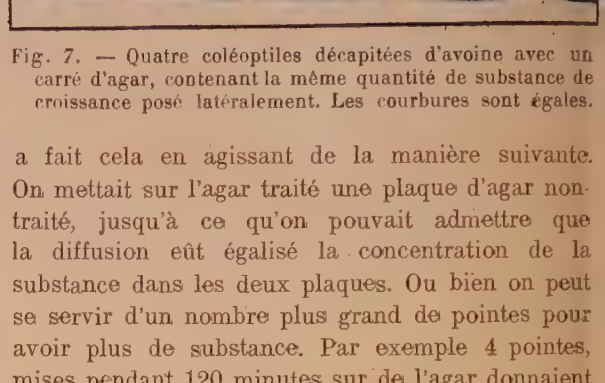

Fig. 7. — Quatre coléoptiles décapitées d'avoine avec un carré d'agar, contenant la même quantité de substance de croissance posé latéralement. Les courbures sont égales.

a fait cela en agissant de la manière suivante. On mettait sur l'agar traité une plaque d'agar non-traité, jusqu'à ce qu'on pouvait admettre que la diffusion eût égalisé la concentration de la substance dans les deux plaques. Ou bien on peut se servir d'un nombre plus grand de pointes pour avoir plus de substance. Par exemple 4 pointes, mises pendant 120 minutes sur de l'agar donnaient une déviation de 11, 20 degrés (±0,026), tandis qu'elle était de 5,47 degrés (± 0,25) lorsqu'on employait 2 pointes. Le tableau suivant est encore plus concluant.

Nombre de pointes	Sur l'agar.			
	60 minutes	30 minutes	60 minutes dilué 1 fois	60 minutes dilué 2 fois
6	11,2 ± 0,5	6,1 ± 0,4	5,5 ± 0,4	2,8 ± 0,8
12	17,1 ± 0,5		11,2 ± 0,4	5,8 ± 0,4

Donc l'angle de déviation est une mesure pour la quantité de substance de croissance ; seulement il faut tenir compte d'une certaine limite.

A quoi cette limite doit-elle être attribuée ? Probablement au manque de matières, qui doivent servir à élaborer la cellule, on pourrait dire de « matériel d'extension de la cellule ». S'il n'y en a pas assez, la cellule ne peut plus grandir quelle que soit la quantité de substance de croissance. D'autre part une abondance de matériel d'extension de la cellule ne suffira jamais, si la substance de croissance fait défaut. Ce matériel vient de la graine ; donc on peut supposer que sa concentration va en diminuant en s'éloignant de la base, tandis que pour la substance de croissance, ce sera le sommet où sa concentration est maximum.

Occupons-nous maintenant des expériences de Dolk où il s'agissait de savoir, si la substance

de croissance ne fait autre chose qu'augmenter la croissance ou bien si c'est une condition « *sine qua non* » de la croissance. Nous avons constaté déjà qu'une plantule d'avoine décapitée croît plus lentement qu'une autre restée intacte; la même

Fig. 8. — Coléoptiles décapitées d'avoine, de droite à gauche : la première avec un sommet d'une autre plantule mis latéralement, dont résultait une courbure; la seconde avec un anneau de coléoptile au-dessous du sommet, placé latéralement, aucune courbure; la troisième et la quatrième avec des anneaux semblables enlevés 3 heures après la décapitation, courbure; donc ces sommets contenaient de la substance de croissance régénérée.

chose en outre peut se dire de plantules de maïs ou d'une graminée quelconque. Si on attend 2 1/2 heures, donc 150 minutes après la décapitation, la croissance reprend et redevient normale. C'est dire qu'il y a régénération de substance de croissance, régénération, qui commence après ce temps de environ 150 minutes. On peut en donner la preuve en enlevant comme dans la figure 8, le sommet d'une plantule déjà décapitée depuis 3 heures, qui provoque une courbure si on le met latéralement sur une plante décapitée, tandis que ce phénomène ne se produit pas, lorsque la même manipulation est exécutée immédiatement après la décapitation. Il faut toujours faire bien attention à cette régénération; donc les expériences où l'on se sert de plantes décapitées pour juger de la quantité de matière de croissance dans une solution quelconque doivent être entreprises dans un temps assez court, ne dépassant pas 2 ou au plus 3 heures après la décapitation. Mainte publication est sans valeur parce que l'auteur a oublié de tenir compte de ce fait.

Si nous admettons que la croissance qu'on peut encore constater après la décapitation est la conséquence d'un reste de substance de croissance dans la plante, ce reste doit être consumé pendant les deux premières heures. Et, en effet, lorsqu'alors on décapite pour la seconde fois on peut s'assurer que maintenant la quantité de substance de croissance est nulle ou presque nulle, de manière à ce que la plantule décapitée pour la seconde fois ne croît plus du tout. Cela se voit dans la figure 9, ainsi que le fait suivant, que si alors on dépose sur le sommet un peu d'agar avec substance de croissance, l'accroissement reprend presque aussitôt, ce qui prouve de manière définitive, que la présence de cette substance est une condition *sine qua non* de l'extension de la cellule. Mon fils

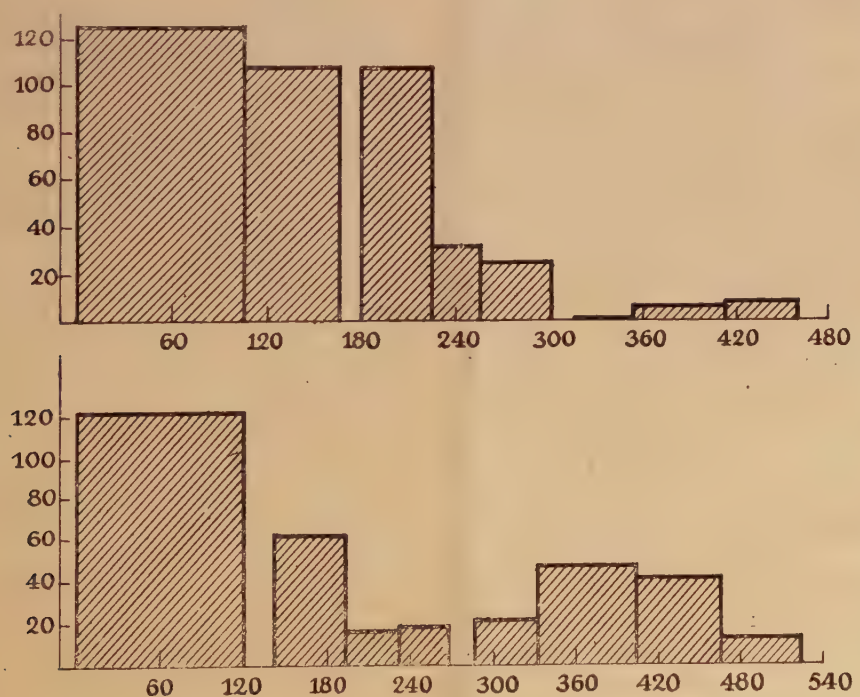

Fig. 9. — Deux tableaux pour montrer l'influence de la décapitation d'une plantule d'avoine sur la croissance. Sur l'axe des abscisses le temps, les rectangles donnent la croissance. Le moment de la décapitation est indiqué par une zone blanche; après la seconde décapitation la croissance dans la figure supérieure est nulle, dans l'inférieure au contraire l'accroissement reprend, parce qu'on a mis un peu d'agar avec substance de croissance sur la plantule.

avait déjà prouvé la même chose en employant des parties basales de coléoptiles, qui sous des conditions naturelles ne croissent plus, mais qui tout d'un coup commencent à s'allonger, lorsqu'on y dépose un peu d'agar avec substance de croissance.

Qu'est-ce qu'on sait de la manière dont ces substances agissent sur la cellule? C'est encore bien peu; seulement les expériences de de Haas ont prouvé que l'extensibilité des membranes cellulaires augmente sous leur action. Il va sans dire que dans tous ces cas il ne s'agit jamais de division de cellules, mais d'extension de cellules déjà formées. Il y a donc une différence entre les hormones de Haberlandt et les substances de croissance.

Plusieurs expériences ont prouvé que ces substances ne sont pas spécifiques. Non seulement on peut augmenter la croissance de plantules d'avoine avec de la substance extraite du maïs, mais leur influence peut se faire sentir aussi sur d'autres Monocotylédones comme le Tradescantia, et même sur des Dicotylédones, comme le Bellisperennis. Mlle Uyldert a fait voir que la croissance d'un pédoncule de pâquerette est arrêtée lorsqu'on enlève le bouton, mais qu'elle reprend lorsqu'on remplace ce bouton par un carré d'agar avec de la substance de croissance d'avoine ou de maïs.

Naturellement on s'est demandé, si l'on pourrait dire quelque chose sur la nature de ces substances. Jusqu'à présent nos connaissances là-dessus sont encore bien pauvres. Les quantités, qui se trouvent dans les pointes des plantules sont si minimes, que jusqu'ici il n'a pu être question d'analyse chimique. On sait seulement que la substance supporte un chauffage de 90 degrés centigrades, donc que ça ne peut pas être un enzyme, que la lumière n'a pas d'influence, ni l'alcool, ni la dessiccation. D'autre part mon fils a su déterminer le coefficient de diffusion et il en a pu tirer la conclusion que le poids moléculaire doit être d'environ 376.

Nous avons vu que la lumière n'exerce pas d'influence sur la substance de croissance; mais ce n'est plus vrai si on laisse agir la lumière sur des sommets de plantes dans leur position naturelle. Si après illumination de 4 côtés, on enlève ces pointes pour en déterminer la quantité de substance de croissance, on peut constater que celle-ci a diminué jusqu'à 80 % de la quantité dans des plantes à l'obscurité.

Cette diminution peut parfaitement expliquer la longue réaction dont j'ai parlé tantôt en discutant l'action de la lumière sur des plantules de graminées. Que cette réaction ne devient visible qu'après un certain temps de latence est la conséquence du fait, qu'il faut un certain temps de latence avant que cette substance arrive aux zones où la croissance est maximum.

On ne peut expliquer la courte réaction de la même manière. Est-ce qu'il se pourrait qu'ici la lumière agisse directement sur la perméabilité du protoplasma des cellules, comme Bünning l'a étudié dans d'autres cas? Il est certain que quelques observations de van Dillewijn sont en accord avec cette manière de voir.

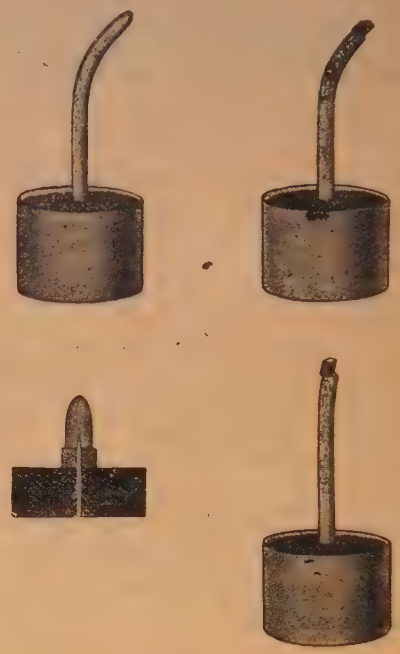

Fig. 10. — Tableau schématique de l'action de la lumière sur la substance de croissance dans le sommet de plantules d'avoine. A gauche : en haut une plantule qui s'est courbée positivement sous l'influence d'un éclairement unilatéral. En bas : le sommet d'une telle plantule mis sur de l'agar de telle manière qu'on peut recueillir séparément la substance de croissance du côté proximal et du côté distal. A droite, en haut, le carré avec la substance de croissance du côté distal, en bas celui du côté proximal posé unilatéralement sur une plante décapitée d'avoine. La courbure d'en haut beaucoup plus forte que celle d'en bas.

Mon fils a tâché de donner une explication du phototropisme par moyen des substances de croissance. Il a éclairé des plantules d'avoine d'un côté, puis a enlevé les pointes et a agi de telle manière qu'il pouvait recueillir séparément les substances de croissance du côté antérieur et du côté postérieur, comme c'est indiqué dans la figure 10, qui est un peu schématisée. Puis après, il a dosé la quantité qui se trouvait dans les deux carrés d'agar. Il trouvait que la quantité du côté proximal est de 22 % de la quantité originale, tandis que le côté distal en contient 58 %. La somme de 22 et de 58 fait 80, ce qui coïncide avec ce que je viens de dire, que 20 % sont détruits par la lumière. Donc le restant est polarisé par la lumière unilatérale; la courbure doit en être la con-

séquence directe. Nous ne savons rien de la manière dont cette polarisation est produite par la lumière, mais le fait même de la polarisation est bien constaté et ne peut être mis en doute.

Voilà pour le phototropisme; voyons maintenant le cas du géotropisme. Celui-ci semble être beaucoup plus compliqué, mais là aussi la lumière commence à se faire jour, grace aux belles recherches de Dolk. Nous savions déjà depuis Darwin qu'une plantule de graminée, dont on a enlevé la pointe ne se courbe plus sous l'influence de la pesanteur. Seulement après un certain temps l'exci-

Fig. 11.— Plantules d'avoine en haut dans une position horizontale, à gauche courbée sous l'influence du géotropisme, à droite après l'enlèvement du sommet; la courbure ne se produit point. Dans la rangée moyenne à gauche la même expérience mais avec un carré d'agar avec substance de croissance, d'où résulte une courbure. A droite un sommet d'une plantule horizontale, mis sur de l'agar de telle manière qu'on peut recueillir séparément les quantités de substance de croissance du côté supérieur et de l'inférieur.

En bas ces carrés d'agar mis latéralement sur des plantules décapitées, d'où résultent des courbures, qui montrent nettement que la quantité de substance de croissance est plus grande dans la partie inférieure du sommet.

tabilité se rétablit et Dolk a montré que ce temps était justement celui de la régénération des substances de croissance.

Cholodny et mon fils pouvaient fournir la preuve que ces substances de croissance sont nécessaires pour une réaction géotropique. Pour me borner aux expériences de ce dernier, il était aisé de prouver, qu'une plantule d'avoine décapitée ne se courbe pas sous l'influence de la pesanteur, mais que cette réaction paraît aussitôt après qu'on a remplacé la pointe par un carré d'agar avec de la substance de croissance; la figure schématique 11 fait voir ce phénomène.

Dolk a employé cette méthode pour mesurer la sensibilité à la pesanteur des différentes zones d'une coléoptile d'avoine. Il a opéré avec des plantes, dont il avait enlevé une pointe plus ou moins longue en remplaçant cette pointe par un carré d'agar avec de la substance de croissance. Le temps de présentation est d'autant plus grand, que l'on a enlevé une plus grande partie du sommet. On peut de cette manière mesurer la sensibilité des différentes zones de la plantule. Les chiffres sont les suivants : avec le sommet intact le temps de présentation était de 4 minutes, tandis qu'après l'enlèvement de 1 mm. du sommet celui-ci s'augmentait à 5-10 minutes, et ainsi de suite après l'enlèvement de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10 mm., les temps de présentation étaient resp. 15-20, 20, 20-25, 35, 35-40, 60, 70, 80 et 100-110 minutes. On voit que, quoique la pointe soit la zone la plus sensible de la coléoptile, néanmoins cette sensibilité diminue assez lentement lorsqu'on va à la base, beaucoup plus lentement que pour le phototropisme. Là Sierp et Seybold avaient trouvé que le temps de présentation devenait 360 fois plus long lorsqu'on enlevait seulement 2 millimètres du sommet d'une plantule d'avoine.

Dolk a essayé, si la pesanteur exerce une influence sur la quantité totale de substance de croissance, qui se trouve dans le sommet d'une plantule d'avoine ou de maïs. Ses expériences montrent clairement que cette influence n'existe pas ou du moins est si minime, que nos méthodes actuelles sont insuffisantes pour la découvrir. Ceci est d'accord avec le fait qu'il n'existe pas de géoréaction de croissance. Dolk a démontré ça en se servant de l'auxaunomètre de Koningsberger. Il a pu éviter toutes sortes de sources d'erreur, que ses prédécesseurs n'avaient pas encore réussi à obvier.

Alors cette question se pose : si la lumière unilatérale cause une polarisation des substances de croissance dans le sommet de la plantule, le même cas ne se présenterait-il pas aussi, lorsque la pesanteur agit sur cette plantule, tant que celle-ci ne se trouve pas dans une position verticale?

Dolk a donné une réponse affirmative à cette question. Il a mis des plantules de maïs ou d'avoine dans une position horizontale pendant un temps variant de 10 à 30 minutes. Après il découpait la pointe et agissait de telle manière qu'il pouvait recueillir séparément, comme dans la figure 11, la substance de la moitié qui avait été en dessous et celle qui avait été au-dessus. De cette manière il pouvait prouver, que la face

qui avait été la supérieure contenait beaucoup moins de substance de croissance que celle d'en bas.

Je laisse de côté les détails des expériences, parce que ça me mènerait trop loin. Je veux remarquer seulement, que toutes ces expériences devaient être exécutées à la lumière rouge et il va de soi que la température et l'humidité étaient tenues constantes avec le plus grand soin. Les tableaux suivants vous donnent quelques chiffres, qui se rapportent à ces expériences pour l'avoine, et pour le maïs.

DISTRIBUTION DE LA SUBSTANCE DE CROISSANCE DANS LES SOMMETS DE COLÉOPTILES D'AVOINE, QUI ONT ÉTÉ MISES DANS UNE POSITION HORIZONTALE.

Numéro	Durée de la position horizontale	Nombre de somm.	Temps sur l'agar en minutes	Quantité de substance de croissance à la face supér.	Quantité de substance de croissance à la face infér.
20-22	660	8	60	8,5	9,5
37-38	1800	8	90	2,0	6,2
39-41	1800	8	90	7,8	9,0
42-45	1800	7	60	4,4	7,0
51-54	1800	8	60	3,0	6,2
57-60	1800	8	60	3,2	4,0
61-64	1800	8	60	2,4	9,0

Vous verrez, que partout la face inférieure contenait plus de substance de croissance que la face d'en haut. Les divergences qu'on constate entre les différentes expériences peuvent s'expliquer parce qu'il était impossible d'avoir toujours des pointes absolument comparables.

DISTRIBUTION DE LA SUBSTANCE DE CROISSANCE DANS LES SOMMETS DE COLÉOPTILES DE MAÏS, QUI ONT ÉTÉ MISES DANS UNE POSITION HORIZONTALE.

Numéro	Durée de la position horizontale	Nombre de somm.	Temps sur l'agar en minutes	Quantité de substance de croissance à la face supér.	Quantité de substance de croissance à la face infér.
70-75	2700	5	60	12,4	19,5
76-83	1800	4	60	9,6	14,0
	1800	4	60	10,5	16,2
	1800	4	60	13,4	22,5
84-89	1800	4	60	8,3	11,2
	1800	4	60	6,3	16,7
90-91	1800	4	60	2,5	8,5
92-95	900	4	60	4,6	8,7
96-97	1800	4	60	6,6	6,6
98-100	900	4	60	2,5	5,3
105-107	1800	4	60	3,2	7,0
117-123	1800	6	60	12,7	14,6
	1800	6	60	12,3	16,7

Dolk s'est aussi demandé, combien de temps après une excitation cette différence entre les deux flancs reste conservée. Pour recevoir une réponse à cette question, il a mis des plantules d'avoine dans une position horizontale et après 30 minutes il les mit pendant une heure sur l'axe tournant horizontal d'un clinostat, afin que la pesanteur agisse maintenant successivement de la même manière sur tous les flancs. Après, la même manipulation démontrait clairement, que la différence des deux flancs s'était égalisée pendant cette heure, qu'elle ne dure pas très longtemps; en effet les chiffres étaient :

5,0	contre	4,7
5,8	—	5,6
6,7	—	7,0
6,8	—	6,6
5,3	—	5,7
11,0	—	10,6
12,0	—	12,5

Dolk a fait une autre série d'expériences avec des cylindres de coléoptiles, qui donc normalement se trouvent au-dessous du sommet. Je vous ai déjà rappelé que la coléoptile des graminées possède un canal presque cylindrique, fermé au sommet. Lorsqu'on enlève ce dernier, on peut diviser le reste de la coléoptile en plusieurs petits cylindres d'une longueur de disons 2 millimètres. Mon fils avait déjà fait voir, que la substance de croissance peut passer par un tel petit cylindre, en mettant au-dessus un carré d'agar avec de la substance de croissance et, en dessous, de l'agar sans cette dernière. Après un temps plus ou moins long, l'agar en bas a reçu une certaine quantité de substance de croissance. Dolk a un peu modifié cette expérience en mettant ces cylindres avec leur axe horizontal. Après il recueillit séparément les substances de croissance de la face supérieure et de celle d'en bas. Encore ici il se trouvait que ces deux quantités n'étaient pas égales, mais que le côté supérieur du cylindre en avait laissé passer moins que l'inférieur. Le tableau suivant donne les chiffres, qui sont très concluants.

DISTRIBUTION DE LA SUBSTANCE DE CROISSANCE DANS DES CYLINDRES DE COLÉOPTILES D'AVOINE, QUI ONT ÉTÉ MISES DANS UNE POSITION HORIZONTALE.

Numéro	Durée de la position horizontale	Quantité de substance de croissance à la face supér.	Quantité de substance de croissance à la face inférieure
226	120	6,3	9,8
228	120	7,5	10,3
211	120	4,0	8,8
232	126	6,5	8,0
237	120	6,3	8,8
236	120	3,4	6,8
234	120	3,8	8,8

Il y a donc une différence assez grande avec le phototropisme; là la polarisation se produit seulement dans la pointe, lorsque la plante est éclairée unilatéralement, tandis que pour le géotropisme la polarisation se produit dans toute la plante. Aussi la sensibilité est moins localisée que pour le phototropisme.

Comment est-ce que cette polarisation se produit? On en sait fort peu de chose; on a bien cru qu'on pourrait trouver quelque rapport avec des différences de potentiel électrique, mais c'est encore très vague et nous ne nous en occuperons donc pas. On peut même dire, qu'on ne sait rien de la manière dont ces substances de croissance sont transportées à travers la plante. On peut bien dire, que ce n'est certainement pas un simple acte de diffusion; car la vitesse du transport est beaucoup trop grande. On a des raisons pour croire que la rotation du protoplasma a quelque chose à faire avec ce transport; il y a même des expériences de Brauner là-dessus. Mais je ne fais qu'effleurer cette question; il serait trop tôt d'en dire davantage.

Dolk a aussi fait une étude approfondie de la manière dont la courbure se passe. Sa méthode avait déjà été employée par Lundegardh, mon fils, du Buy et Nuernbergk et d'autres. Elle consiste à faire pendant des intervalles déterminés, mais courts, des photographies de ces plantes pendant qu'elles exécutent leurs mouvements. Après, on peut reproduire ces mouvements avec le cinématographe, on bien mesurer les images séparément. Il faut évidemment prendre garde d'employer pour les photographies une lumière rouge, qui ne produit pas de courbures elles-mêmes, et alors se servir de films, qui ont été sensibilisés pour cette lumière. On peut agir de telle manière, que auparavant l'on marque les différentes zones des plantules, comme on le fait dans mon laboratoire. Mais ces expériences sont encore en train et je n'en parlerai donc pas.

Voyons maintenant les résultats des expériences de Dolk. Celui-ci avait décapité des coléoptiles d'avoine en enlevant 5 mm. du sommet. Après on les laissait dans cette position pour être sûr qu'elles ne montraient pas de courbures autonomes. Puis on déposait latéralement un carré d'agar avec de la substance de croissance isolée de plantules de maïs. Après, le film commençait à tourner; sur ce film il était assez aisé de mesurer les courbures des différentes zones, dont chacune avait une longueur initiale de 2 mm. La fig. 12 vous donne ces courbures pour chaque zone séparément. Sur l'axe des abscisses vous voyez le temps, les ordinats donnent la courbure. On voit qu'après environ 40 minutes les zones apicales ont commencé à se courber, tandis que pour les zones basales le temps de latence est beaucoup plus long. La zone 10 par exemple n'a commencé à se courber qu'après 120 minutes. Dans chaque zone la courbure augmente peu à peu et atteint un maximum d'autant plus tôt que les zones se trouvent plus proches du sommet,

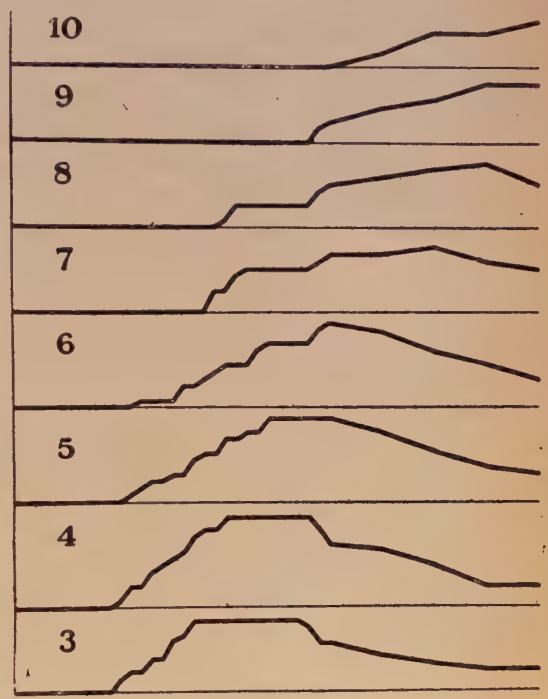

Fig. 12. — Courbure des différentes zones d'une plantule d'avoine décapitée avec matière de croissance posée latéralement sur le sommet. Les zones, d'une longueur originale de 2 mm., sont désignées par les chiffres 3 à 10. Les abscisses donnent le temps, les ordinats le degré de courbure (les valeurs réciproques des rayons de courbure).

par exemple après 70 minutes pour la zone 3, après 125 minutes pour la zone 6, tandis que pour les zones basales le maximum n'est pas encore atteint.

L'explication est assez simple, car la substance de croissance avance peu à peu du sommet vers la base. Mais il y a un autre phénomène, qu'on peut aussi déduire de ces courbes, c'est qu'après un certain temps la courbure des zones diminue, que celles-ci commencent à se redresser et que là encore le redressement s'avance du sommet vers la base, de telle manière que les zones depuis 7 ou 8 n'en montrent encore rien. Pour la zone 3 le redressement commence 112 minutes après l'application de la substance de croissance, c'est-à-dire 112 + 40, donc 152 minutes après la décapitation. C'est le moment de la régénération des substances de croissance; je reviendrai là-dessus.

Mais auparavant je vous prie de vouloir me suivre un moment dans un tout autre ordre d'idées; je veux parler de ce qu'on appelle l'autotropisme ou la rectipétalité. C'est un phénomène qui consiste en ce que des organes de plantes qui ont subi un changement de forme tendent à rétablir leur forme normale. On pourrait dire, que c'est après tout une question de morphologie ayant rapport au plus grand problème de la vie, l'explication de la forme. Mais ici la morphologie et la physiologie se rencontrent et nous, les physiologues, tâchent de réduire ce problème à sa forme la plus simple. C'est alors que les tropismes interviennent; car après qu'une courbure phototropique ou géotropique se soit produite, l'organe tend à se redresser, à redevenir droit, à reprendre sa forme normale. Toutefois cela ne se manifeste que tant que l'organe n'a pas encore achevé de croître, car aussi l'autotropisme est un phénomène de croissance.

Voyons maintenant comment l'autotropisme se présente pour le phototropisme. Là, Arisz, il y a déjà 18 ans, nous en avait fait connaître les faits principaux. Il résulte de ses observations, que pour toutes sortes de courbures même les négatives, la courbure commence au sommet de la coléoptile et de là s'avance peu à peu vers la base, tandis qu'en même temps les zones apicales commencent à se redresser, redeviennent droites. Aussi ce redressement court du sommet vers la base et ne s'arrête que là où les zones ne croissent plus.

La même chose a été étudiée plus en détail par Dolk, qui a employé la même méthode que celle que j'ai déjà indiqué pour la courbure d'une plantule décapitée avec de la substance de croissance appliquée latéralement. Je vous épargne les détails, mais le résultat se voit dans la figure 13. La courbure commence au sommet des coléoptiles, ce qui s'explique aisément, parce que là en premier lieu la substance de croissance est répartie inégalement sur les deux flancs à cause de l'éclairage unilatéral. Cette substance est transportée vers la base, tandis que la polarisation reste, ou devient plus forte selon les expériences de mon fils. Donc de plus en plus les zones basales commencent à se courber et ce n'est qu'assez tard que le procès de redressement commence, parce qu'il dure un certain temps avant que la substance de croissance de nouveau soit égale aux deux flancs.

Cette remarque vous fait voir, que selon moi la substance de croissance a quelque chose à faire avec l'autotropisme. Examinons pour cela l'effet de la pesanteur sur des plantules d'avoine, que l'on a décapitées immédiatement après l'excitation. On voit encore dans la figure 13, que la courbure commence dans la zone apicale et se transmet de là vers la base. Mais on observe aussi que la courbure reste assez longtemps dans le sommet et que celui-ci ne se redresse qu'après environ 2 1/2 heures; ce moment est indiqué dans la figure par une flèche. Souvenons-nous que c'est justement le moment où la régénération de la substance de croissance commence dans les plantules décapitées; nous pouvons donc supposer que ces substances ont quelque chose à faire avec l'autotropisme. Cela est tout à fait conforme aux expériences déjà citées, où l'influence d'une substance de

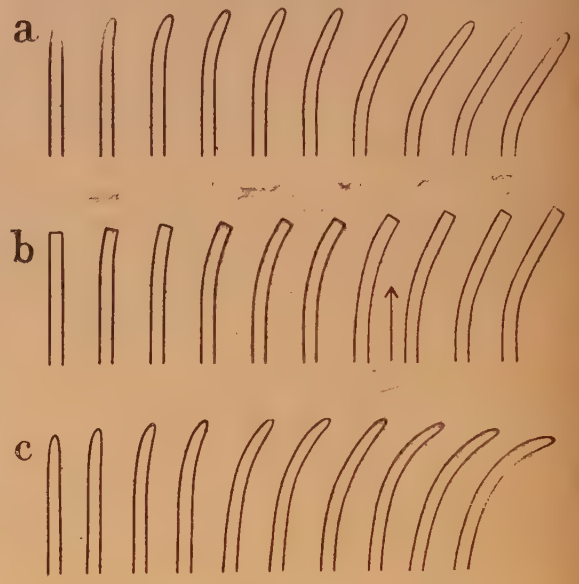

Fig. 13. — A. Différents stades de courbure d'une plante éclairée du côté droit.

B. Différents stades de courbure d'une plante mise dans une position horizontale après quoi le sommet a été éloigné. La flèche indique le moment où la régénération de substance de croissance a commencé.

C. Différents stades de courbure d'une plantule excitée géotropiquement, avec son sommet.

croissance appliquée latéralement a été investiguée. Là encore nous avons vu que les zones apicales commencent à se redresser 150 minutes après la décapitation, donc après que la régénération des substances de croissance a commencé.

Ce qu'on remarque pour le géotropisme normal est tout à fait en accord avec ce que j'ai observé jusqu'ici. Là encore la distribution inégale des substances de croissance cause une croissance inégale, qui commence au sommet et qui de là se transmet vers la base de manière à ce que là aussi la courbure suit le même chemin. Mais nous avons vu, que la distribution inégale là n'est pas seulement induite dans le sommet, mais aussi, quoiqu'en moindre degré, dans les zones plus basales; et de même la sensibilité de ces zones ne diminue pas aussi vite que pour le phototropisme. Donc

la courbure doit se déplacer avec plus de vitesse que chez le phototropisme et d'autre part le redressement commence beaucoup plus tôt que pour l'action de la lumière. Ceci est tout à fait conforme aux résultats des expériences de Dolk, dont j'ai parlé tantôt, d'où il ressortait que déjà une heure après l'excitation la répartition de la substance de croissance dans la pointe de la coléoptile était de nouveau devenue égale.

Il faut donc conclure, que l'autotropisme est lié à une répartition égale de la substance de croissance. Est-il possible de se formuler quelque explication de ce fait? Dolk le croit. Il fait remarquer que pour croître, une cellule doit disposer non seulement d'une certaine quantité de substance de croissance, mais aussi d'autres facteurs, que nous avons réunis sous le nom de « matériel d'extension de la cellule »; chacune des deux peut limiter la croissance. Si la quantité de substance de croissance est plus grande sur un flanc d'une plantule que sur l'autre, la croissance y augmentera, dont résultera une courbure. Mais en même temps sur ce flanc il y aura une plus grande consommation de matériel d'extension de la cellule que sur l'autre côté. Si après, une quantité égale de substance de croissance arrive aux deux flancs, ce matériel d'extension fera défaut ou sera au minimum au côté qui auparavant avait subi la croissance la plus forte. Donc l'autre côté s'allongera plus que celui-ci et la courbure devra disparaître. Le temps ne me permet pas de m'étendre sur ce sujet; mais j'espère vous avoir donné la conviction, que nous sommes à la veille de découvertes, qui nous feront pénétrer beaucoup plus dans la question si obscure de la forme des organes des végétaux que cela a été le cas jusqu'ici.

Les investigations ne sont pas closes sur ce terrain. Loin de là, nous n'avons que commencé avec l'étude d'un seul objet. Il sera nécessaire maintenant de s'occuper d'organes qui montrent un géotropisme positif, comme les racines, ou de ceux qui ont un phototropisme négatif. Pour les premiers le commencement a été fait par Cholodny. La substance de croissance doit être étudiée beaucoup plus spécialement en ce qui regarde sa composition chimique; mon fils en commence une étude à Java. Il s'agit aussi de doser la lumière avec beaucoup plus d'exactitude que cela a été fait jusqu'ici. C'est ce que font maintenant dans mon laboratoire Nuernbergk et du Buy en se servant d'une lampe à mercure et en mesurant la lumière à l'aide d'une pile thermo-électrique; dans l'avenir on ne parlera plus de bougies-mètre, mais d'ergs. Et en général le nombre des questions ouvertes, qui demandent d'être investiguées, est légion. Seulement il faut avoir à sa disposition des laboratoires modernes, bien outillés, comme ceux de la physique et de la chimie.

Comme conclusion il ne me reste qu'une seule remarque, c'est que ces investigations ouvrent une perspective beaucoup plus vaste en dehors de la physiologie des plantes pures. Car les soi-disant excitations des plantes seront un jour rangées parmi les phénomènes connus et bien investigués, où on n'aura plus besoin d'employer des termes vagues, sans beaucoup de sens, afin de voiler notre ignorance comme déjà ce mot d'excitant. Mais alors la conséquence sera qu'il faudra aussi réviser les connaissances actuelles sur les excitants chez les animaux et même chez l'homme. Car quoique les phénomènes de la vie des plantes soient beaucoup moins compliqués que ceux de la vie animale, néanmoins le fonds de la vie est partout le même et il reste donc à espérer que les investigations commencées dans ces dernières dizaines d'années, éclairciront aussi des terrains dans les sciences voisines comme la physiologie humaine.

F. A. F. C. Went,
Président de la Section des Sciences
de l'Académie royale
des Sciences d'Amsterdam,
Directeur du Laboratoire botanique
de l'Université d'Utrecht.

L'INDOCHINE

CE QU'ON EN PENSE ET CE QU'ELLE EST

Faut-il répéter après tant d'autres que, si l'on met à part l'Afrique du Nord dont la proximité de la Métropole diminue notablement le caractère colonial, l'Indochine est, de toutes nos possessions d'outre-mer, la plus évoluée et la plus riche d'avenir? Cette affirmation aurait paru fade il y a deux ou trois ans alors que le public français, éclairé ou non, s'était pris soudain d'un enthousiasme violent pour notre Colonis d'Extrême-Orient : les capitaux s'offraient presque sans compter pour la mise en valeur de son sol et de son sous-sol; les coloniaux ne rêvaient qu'une chose : aller en Indochine qui paraissait la terre promise; pour tous l'Indochine était devenue une sorte d'Eldorado. Et puis cet enthousiasme est tombé; des incidents divers, une récolte moins bonne, la baisse de la piastre, la chute des valeurs mobilières, quelques troubles intérieurs ont changé l'opinion; sans doute encore, dans les écrits, professe-t-on toujours l'optimisme d'autrefois; mais il n'est plus dans les esprits; la solidité des affaires indochinoises paraît moins sûre; la colonie n'a plus la vogue des capitaux et des hommes. Cependant, au fond rien n'a changé : la terre est toujours là qui n'a pas en trois ans perdu sa fertilité; le soleil éclaire toujours et n'a pas perdu sa force; les richesses du sous-sol ne se sont pas évanouies; la population n'a pas émigré vers d'autres pays... Rien n'est changé là-bas en effet : c'est ici en France que les choses ont changé, dans les esprits et dans les jugements. L'Indochine, aussi bien dans l'enthousiasme irréfléchi des années passées que dans le pessimisme voilé de l'heure actuelle a subi, une fois de plus, la conséquence d'une crise de mysticime colonial dont ont souffert les unes après les autres toutes nos Colonies françaises; car il n'y a là rien de spécial à l'Indochine; et si j'ai pris cet exemple pour illustrer mon sujet c'est que je connais mieux ce pays que les autres possessions françaises, mais je pourrais sans grand changement appliquer à tout notre domaine colonial ce que je vais dire de l'Indochine. Ce que je voudrais montrer c'est à la fois les erreurs et les dangers de ce mysticisme colonial et combien il serait avantageux pour la Métropole et nos Colonies que plus de clarté éclairât leurs relations, que le public métropolitain dont la confiance et l'action sont nécessaires pour le développement de nos Colonies connût celles-ci autrement que dans un mirage qui fausse et souvent voile complètement la réalité.

Ce mirage, on le rencontre à tous les pas de la voie qui se dirige vers nos Colonies. Il m'a frappé dès mon départ dans un fait qui paraitra peut-être bien insignifiant, mais qu'on me permettra de citer parce qu'il pourrait être un symbole de toute notre connaissance coloniale et de la réaction qu'entraîne le contact avec la réalité. L'une des premières images auxquelles s'attache le voyageur qui se décide à partir aux Colonies est celle, naturellement, des bateaux qui doivent les transporter. Examinez l'une quelconque des affiches — d'ailleurs fort artistiques, il faut le reconnaître — dont les compagnies de navigation ornent les murs des agences. Vous voyez des navires énormes qui écrasent de leurs masses les petites barques qui les entourent. A les voir on s'imagine qu'on va s'embarquer dans quelque chose d'apparenté aux buildings américains. Lorsqu'on arrive prendre le bateau à Marseille ou à Bordeaux, une déception vous attend : il vous semble que l'énorme building que vous pensiez voir est une toute petite maison et c'est tout juste si vous ne vous demandez pas si l'on pourra sans difficulté y loger tous les bagages amoncelés sous les hangars. On s'attendait à quelque chose de monstrueux ou tout au moins d'impressionant alors qu'on ne croit avoir devant les yeux qu'un bâtiment aux lignes et aux dimensions qui paraissent bien ordinaires. La plupart des voyageurs ne s'arrêtent pas à cette impression et l'oublient bien vite. Elle mérite cependant réflexion.

D'abord je ne crois pas que les affiches aient réellement trompé le voyageur; ce ne sont peut-être pas des photographies absolument fidèles, mais j'ai l'impression qu'elles ne doivent pas s'écarter beaucoup de cette exactitude; seulement le point de vue a été choisi de manière à exagérer l'importance du bâtiment : on connait l'importance de cette question de perspective en photographie et combien il convient dans un portrait de ne pas mettre les mains trop en avant du corps; or, je crois que — volontairement ou non — on a dans ces images des bateaux placés, si j'ose dire, leurs poings le plus près possible de l'appareil ou pour parler sans métaphore, que l'artiste s'est placé à un point de vue qui déforme, en les exagérant, les proportions du bateau. Cette

erreur dans les images des colonies, créée par un choix peut-être artistique, mais très spécial, du point de vue, sont extrêmement fréquentes dans les descriptions coloniales; nous en verrons d'autres exemples.

Il en résulte d'ailleurs qu'il est assez difficile de corriger ces images; on ne peut pas dire qu'elles soient fausses, elles ne contiennent pas d'erreurs à proprement parler; et lorsqu'on veut rétablir la réalité il faut essayer de montrer que le point de vue choisi est trop particulier, trop spécial : ce n'est pas toujours aisé; souligner cette difficulté sur quelques exemples sera une des tâches de cette causerie.

L'examen du cas peut être un peu puéril, mais bien frappant, des bateaux du départ entraîne une autre remarque : la déception consciente ou non, que l'on a en montant à bord, empêche que l'on se rende compte que les bateaux français sont en fait de très beaux bateaux. En ces matières, comme en bien d'autres, on ne peut juger que par comparaison; or, celui qui s'embarque pour la première fois, ou même celui qui a déjà beaucoup circulé, mais en restant constamment sur la même ligne, sans emprunter des lignes étrangères, n'a pas de point de comparaison. Son seul repère, généralement inconscient, est l'image idéale dont le substratum si j'ose employer ce terme géologique, est formé par les dessins idéalisés dont je viens de parler; la réalité reste fort en dessous de cette image idéale. Cependant, dès qu'on acquiert d'autres points de comparaison en utilisant par exemple des lignes étrangères, la réalité remonte tout à coup en valeur; on s'aperçoit pour revenir à notre exemple que les Porthos, les d'Artagnan sont en réalité de très belles unités dont on ne voit pas beaucoup d'égales, en dehors des lignes de l'Atlantique-nord. Et c'est là un second phénomène, une seconde conséquence de l'erreur du point de vue dans les descriptions coloniales offertes au public métropolitain : non seulement la réalité ne se trouve pas fidèlement évoquée, mais encore ceux qui vont aux Colonies risquent, par suite des images idéales qu'ils emportent ainsi, de sous-estimer la réalité avec laquelle ils entrent en contact. Double inconvénient : image fausse chez ceux qui restent en France — déception et sous-estimation de la réalité chez ceux qui vont là-bas.

Je crois que ce sont ces erreurs de ce qu'on pourrait appeler la propagande coloniale, en englobant sous ce terme tout ce qui essaie de donner au public métropolitain un tableau de nos Colonies qui sont à la base de ce que j'ai appelé le mysticisme colonial de la métropole qui lui-même réagit par de brusques envols d'enthousiasme exagéré et de non moins brusques retours de pessimisme désabusé.

Je n'ai pas la prétention, en une courte causerie, de vouloir détruire ces erreurs; je voudrais simplement évoquer cette question et si d'autres la reprennent ce sera pour moi tout à fait satisfaisant. Je me contentrai de donner quelques exemples principalement dans le domaine que je connais le mieux : la mise en valeur du sous-sol.

Que n'attend-on pas des mines des Colonies : il n'y a semble-t-il qu'à s'y rendre, qu'à envoyer une petite mission de 2 ou 3 personnes et immédiatement vont surgir du sol l'or, les diamants, le pétrole, tout ce qui nous manque en France en matière minérale. Dans un autre domaine, sur la foi des récits ou des descriptions, n'est-on pas tenté de croire que les pays coloniaux sont naturellement et par une sorte de bénédiction divine exceptionnellement riches en matière agricole. « Avec de l'eau, du soleil et du sable on fait pousser n'importe quoi aux Colonies, » entend-on dire couramment dans l'un et l'autre cas. On n'oublie qu'une très petite chose, qui paraît sans doute insignifiante quand on voit cela de loin : le travail. Rien ne vient sans peine, sans travail, aussi bien aux Colonies que dans la Métropole; les colonies ne sont pas des pays magiques, des pays de féerie où l'on n'a qu'à se baisser pour ramasser des richesses; ce sont des pays comme les autres. S'ils nous paraissent plus riches cela tient à une circonstance spéciale que l'exemple suivant éclaircira. En métallogénie, c'est-à-dire dans la science qui étudie les conditions de formation au sein de la terre des gisements des minéraux et des substances minérales et qui essaie de fixer quelques lois qui simplifient la prospection, il en est une qui frappe un peu par son pittoresque : « L'or, dit-on, se trouve toujours aux confins de la civilisation »; on veut simplement exprimer par là que l'or est une des premières substances que l'homme exploite et qu'en conséquence il est inutile de chercher l'or dans les pays civilisés où tous les gisements aurifères ont été déjà exploités à fond. Cette loi qui est à peu près exacte pour autant qu'une loi de cet ordre puisse être exacte — entraîne pour le sujet qui nous intéresse aujourd'hui quelques remarques particulières. La limite des gisements aurifères exploitables n'est ni une limite géographique, ni une limite géologique c'est la limite — assez vague d'ailleurs — de la civilisation, entendons par là, de la civilisation occidentale sous sa forme industrielle et économique. C'est donc une limite qui a varié dans les siècles passés, c'est

une limite qui varie sans cesse, car on ne peut douter que cette forme économique de la civilisation occidentale s'étend peu à peu sur le monde entier. Autrefois une partie importante de l'Europe, la France elle-même, était en dehors de cette limite; et l'on sait bien qu'à l'époque romaine la Gaule était réputée pour ses richesses en mines d'or : ces mines sont maintenant épuisées. On saisit là sur cet exemple précis de l'or la seule différence réelle qui existe entre les Colonies et la Métropole : par rapport à la Métropole, les Colonies sont relativement vierges de l'exploitation à forme occidentale; elles renferment donc des richesses que notre sol métropolitain contenait autrefois mais que l'on a exploitées à peu près complètement.

On pourrait en dire autant à peu près de tous les produits; même pour l'agriculture, mais à un degré moindre, la différence est de même nature. La nécessité de nourrir un forte population sur le territoire restreint de la Métropole oblige à mettre en valeur toutes les terres, les meilleures comme les moins bonnes; aux Colonies, au contraire, on peut encore choisir et ne s'installer que dans les meilleures conditions — tout au moins c'est ce qu'on devrait faire; la réputation de fertilité des pays coloniaux tient plus, je crois, à la possibilité de ce choix qu'à une plus grande fertilité réelle dans l'ensemble; sans doute, il y a quelques exceptions et Java, en particulier, avec ses riches terres volcaniques est d'une fertilité un peu exceptionnelle; mais on pourrait trouver des exemples analogues en France, la Limagne pour fixer les idées.

Ce que nous voulons dire et ce que le public métropolitain ne sait pas assez, c'est que les Colonies ne sont pas ce pays merveilleux dont nous ont parlé bien des auteurs; et si nous pouvons espérer que notre action en fera sortir des richesses relativement grandes, c'est que ces pays n'ont guère été exploités jusqu'ici.

Mais si les colonies sont une source possible de richesses, ces richesses ne sont pas d'un ordre différent de celles que peut fournir le sol métropolitain; dans un cas comme dans l'autre, cette source ne jaillira que si on sait la rechercher et la canaliser au moyen d'un travail continu et opiniâtre.

On désirerait que les auteurs littéraires qui parcourent nos colonies et qui donnent des descriptions plus ou moins réussies et plus ou moins brillantes, s'attachent moins à représenter le côté pittoresque de ces terres qu'à essayer de dépeindre au contraire la vie plus simple et toute remplie de travail du « colonial moyen ». Cette idée du travail aux colonies n'est guère conforme à l'image de la vie coloniale qui a été répandue dans le public français. On travaille aux Colonies? Cela paraît presque extraordinaire.

Saïgon, pour le Français qui n'y a jamais été, n'est-ce pas une ville de luxe et de plaisir, une sorte de Sodome extrême-orientale, avec ses fumeries, ses dancings et ses « nuits de Chine ». Quel étonnement n'éprouve-t-on pas lorsque l'on débarque pour la première fois dans la capitale de la Cochinchine; on est sans doute heureux de trouver une réelle grande ville avec des rues larges — sauf la vieille et célèbre rue Catinat — de grands monuments, un mouvement et une animation qui rappellent un peu les villes européennes. Mais cela c'est l'extérieur; et il ne suffit pas pour connaître Saïgon de passer un ou deux jours au Continental et d'avoir subi le soir, trop tard au gré du voyageur fatigué, la musique du dancing tout proche qui empêche de dormir. Cette image est aussi fausse que celle, toutes proportions gardées, qu'emporte l'étranger qui ne connaît de Paris que l'animation des grands boulevards pendant le jour et des boulevards extérieurs pendant la nuit. Pour connaître la vie d'une ville, il faut y avoir résidé pendant un certain temps en contact fréquent avec ceux qui y travaillent — et qui constituent naturellement la plus grande partie de la population. Il faut avoir connu la vie de ce chef d'une grosse affaire industrielle, rizerie, travaux publics, navigation, ou celle de ce directeur de plantations, ou encore celle de ce fonctionnaire, grand, moyen ou petit, tous sans cesse aux prises avec les difficultés quotidiennes de la lutte économique qui oblige à un travail perpétuel qu'aggravent le manque de moyens de communication, l'éloignement des grands centres de production ou d'information, la différence de mentalité de la main-d'œuvre et enfin le climat plus pénible. Parti de bonne heure à son bureau ou à ses affaires, perpétuellement harcelé de visites qu'il ne peut pas écarter aussi facilement qu'en France parce que le voyageur qui passe reste à peine et doit repartir demain pour Marseille, Batavia ou Shangaï, le colonial n'a pas essentiellement une vie différente de celle qu'il aurait en France. Sans doute, dira-t-on, mais il n'y a pas que ce petit tableau; n'y a-t-il pas aussi celui que nous a dépeint un roman assez connu, du petit fonctionnaire ou du petit employé qui se laisse prendre par une vie de luxe supérieure à ses moyens et qui finit misérablement? N'y a-t-il pas cette vie de fête qui grise trop de têtes légères, ces mœurs plus relâchées...? Je me demande simplement si l'on ne pourrait pas trouver des exemples analogues en France.

Il est une expérience facile à faire; prenez neuf sur dix des romans coloniaux qui, en définitive, constituent l'essentiel du fonds avec lequel s'est formée l'image de la vie coloniale pour le public métropolitain et de ces romans ôtez ce qui leur donne un caractère exotique et qui d'ailleurs tient à un petit nombre de mots magiques : bambous, atmosphère languissante, palmes mollement bercées, forêt tropicale sombre et impénétrable, tous accessoires qui, on s'en rend vite compte quand on examine ces œuvres d'une manière un peu critique, ne sont en rien indispensables à la marche générale de l'action. Otez tout ce décor de théâtre et remplacez-le par un décor français; le roman devient-il invraisemblable, impossible? Généralement pas. Il est facile de constater ainsi que bien peu de romans coloniaux sont vraiment coloniaux en dehors du cadre qui est, si l'on me permet cette expression à la mode sur-imposé ». Je ne veux pas dire que ce décor ne soit ni pittoresque, ni même assez souvent exact, mais ce n'est pas lui que le lecteur retient surtout : c'est l'aventure, la vie des héros qui frappe davantage; or je me demande en quoi la plupart des romans coloniaux peuvent prétendre nous donner une image plus exacte de la vie coloniale que la vie française?

Aussi bien, la vie coloniale réelle, celle du plus grand nombre, ne diffère-t-elle pas essentiellement de la vie métropolitaine. Là-bas, comme ici, ne réussissent que ceux qui travaillent et que ceux qui valent quelque chose. Les autres, les médiocres, les incapables, les paresseux échouent comme ils échouraient ici : leur échec est seulement plus voyant parce que la population française est moins nombreuse et se détache davantage sur le fond, en apparence plus anonyme, parce que moins connu, de la population indigène. Nos colonies, comme notre sol métropolitain, exigent pour être mises en valeur un important travail et si l'image inconsciente que nous nous formons d'elles est quelque peu en contradiction avec cette affirmation, cela tient à une erreur de jugement analogue à celle dont je parlais au début de cette causerie et dont cette fois nos romanciers coloniaux sont responsables.

Pour ce travail, il faut des hommes, du personnel et du personnel de deux catégories : celui qui exécute et celui qui dirige.

La main-d'œuvre qui exécute doit se trouver sur place dans la population indigène; il n'est pas question, il ne peut pas être question d'introduire de la main-d'œuvre blanche dans nos Colonies, à supposer même que l'étendue de notre population nous permette de le faire. C'est qu'en effet la population indigène revient moins cher non pas parce que, systématiquement, on veut la payer moins cher et qu'elle ne sait pas se défendre, mais beaucoup plus simplement parce qu'elle ne désire pas des moyens de vie coûteux. Il est inutilement dangereux d'essayer de mettre en concurrence la main-d'œuvre non qualifiée blanche avec la même catégorie indigène : les Anglais en Afrique du sud en font actuellement la regrettable expérience et la question des « poor whites », des blancs pauvres, qui viennent en concurrence avec les noirs pour les travaux les moins rétribués est un des problèmes sociaux les plus graves qui se posent au jeune Dominion sud-africain. D'ailleurs même si les deux mains-d'œuvre, blanche et indigène, avaient des besoins identiques et exigeaient par conséquent des salaires identiques, la main-d'œuvre blanche coûterait plus cher, parce qu'il faudrait prévoir pour elle des frais de rapatriement dans la métropole. C'est qu'en effet, l'indigène est physiquement adapté au climat de son pays, climat toujours pénible, il est inutile de le dissimuler, dès qu'on doit faire quelques efforts physiques, tandis qu'au contraire le blanc n'est pas préparé à cette ambiance : les générations d'indigènes qui ont précédé la génération actuelle l'ont en quelque sorte acclimatée et cette hérédité n'existe pas pour le blanc. Donc il est utopique, à mon avis, de penser pouvoir introduire de la main-d'œuvre blanche dans nos colonies en général — à part quelques exceptions — et en tout cas en Indochine : il faut se contenter de la main-d'œuvre locale. Heureusement l'Indochine est très favorisée à ce point de vue : ses 20 millions d'habitants pour une superficie dépassant à peine d'un cinquième celle de la France, lui donnent une densité de population qui est sensiblement la moitié de celle de la France, ce qui est très élevé pour un pays tropical; il ne faut pas oublier ce point de vue dans les comparaisons et se souvenir que si Java, par exemple, est un pays colonial exceptionnellement riche, il doit cette richesse en grande partie à la densité de sa population 40 millions d'habitants sur une île dont la superficie s'évalue entre le tiers et le quart de celle de la France; Java est 7 à 8 fois plus peuplé, proportionnellement, que l'Indochine. Aussi d'autres colonies françaises voient-elles leur développement très gêné par le manque de main-d'œuvre : faut-il citer le cas de Madagascar qui ne dispose que de 3 millions 1/2 d'habitants pour un territoire du même ordre de grandeur que la France et l'Indochine. Cette dernière ne connaît pas, heureusement, cette difficulté; et l'on peut d'ailleurs penser qu'au fur et à mesure que le bien-être et surtout l'hygiène se répandront dans le

pays, la population ira en augmentant, comme on l'a vu à Java.

Par contre pour le personnel technique et le personnel de direction, il faut nécessairement s'adresser à la France. Il ne m'appartient pas de discuter le problème de savoir, du point de vue français, s'il convient pour ce personnel de faire plus ou moins appel à la population indigène autochtone; d'ailleurs ce problème, essentiellement politique, est à l'heure actuelle entièrement théorique; il ne se pose pas pratiquement. Quelque opinion de principe que l'on puisse avoir sur la question, elle est pratiquement résolue : on ne trouve pas d'indigènes susceptibles de tenir ces emplois. Pour citer l'exemple qui m'est le plus proche, dans le Service Géologique de l'Indochine que j'ai l'honneur de diriger, les portes sont grandes ouvertes aux indigènes qui remplissent les conditions exigées pour les Français : je n'ai jamais reçu la moindre candidature indigène à un poste de géologue, parce qu'il n'y a pas un seul indigène remplissant les conditions de diplôme exigées. A la vérité, il est possible et même probable que cette situation évoluera; mais c'est bien assez de bâtir la maison dans laquelle nous devons vivre présentement; je laisse à d'autres plus qualifiés le soin d'établir les plans du palais futur.

Donc, pour le moment tout au moins, c'est la France qui doit fournir à ses colonies le personnel de techniciens et de dirigeants dont elles ont besoin; malheureusement elle n'en fournit pas assez et surtout elle n'en fournit pas assez de bonne qualité. Dans toutes les branches techniques, il y a une crise de recrutement en quantité et en qualité. L'Indochine est un peu en avance sur les autres colonies à ce sujet; la faveur dont elle a joui ces dernières années, les avantages — souvent plus illusoires que réels — que paraissaient donner les traitements en piastres ont attiré davantage vers elle les jeunes activités qui pensent aux carrières coloniales; mais il s'en faut de beaucoup que toutes les vacances aient été comblées, tout au moins avec le personnel de la qualité nécessaire. Cette question du recrutement du personnel technique et dirigeant m'a paru tellement essentielle après les voyages que j'ai pu faire, pour le développement de l'industrie minière dans nos Colonies, que j'ai essayé de dresser, en ce qui concerne les ingénieurs des mines et les géologues, un tableau approximatif des offres et des demandes. Je suis arrivé à ces chiffres qui, en dépit de leurs incertitudes, montrent tout le problème dans leur sécheresse arithmétique : il faudrait pouvoir envoyer dans nos colonies environ 25 géologues ou ingénieurs des mines annuellement; on en trouva à peine une dizaine, et encore avec les plus grandes difficultés. Soit dit en passant ces chiffres montrent en même temps que ce problème ne se pose pas sur le plan qu'on m'a quelquefois indiqué; on m'a dit : « Si l'on ne trouve pas un personnel technique en nombre suffisant pour nos colonies, cela tient à la faiblesse de notre population, ce n'est qu'un des aspects du problème général de la population française ». Je ne pense pas qu'on puisse réellement soutenir cet argument et dire qu'il est impossible de trouver sur un contingent annuel de 300.000 jeunes gens, les 15 mineurs ou géologues dont nos colonies auraient besoin chaque année. Non, la cause est tout autre; et elle est simple : l'élite française ne va pas volontiers aux Colonies.

J'ai eu trop souvent à m'occuper de ces questions de recrutement pour ne pas savoir que c'est là effectivement le nœud de la question. Les Colonies, on en parle, on lit volontiers quelques livres sur elles; si l'on possède quelque imagination, on se laisse quelque peu griser par des tableaux pittoresques, mais on ne va pas aux Colonies.

Pourquoi la jeunesse française — j'entends le meilleur élément de cette jeunesse — ne veut-elle pas aller aux colonies? Pour bien des raisons dont je ne me permettrai de citer aujourd'hui l'une des principales : la famille.

Avec le désir très vif que j'ai de faciliter, au moins pour la technique qui est mon domaine propre, le recrutement du personnel qui manque à nos Colonies, je me suis adressé à des auditoires composés surtout de jeunes gens susceptibles de venir nous aider là-bas; mais j'ai bien senti que si je parvenais à convaincre quelques jeunes esprits, je ne pouvais pas remplir l'autre condition, aussi essentielle peut-être, qui serait convaincre leur entourage. Grâce aux efforts entrepris de tous côtés, surtout depuis la guerre, nos Colonies sont mieux connues des jeunes générations; elles ne sont plus de simples noms que l'on sait à peine placer sur la carte; peu à peu elles deviennent des réalités vivantes, concrètes, pleines d'avenir; peu à peu le nombre augmente de ces jeunes gens désireux, non pas comme l'on dit parfois un peu malheureusement, d'aller tenter leur chance aux colonies ce qui laisse un arrière-goût d'aventure hasardeuse qui déprécie l'idée coloniale, mais bien mieux d'avoir plus rapidement des occasions de montrer ce qu'ils peuvent faire, de mettre en pleine lumière, leur capacité et leur valeur. Mais combien de fois ne me suis-je pas heurté à cette objection : « c'est si loin ». Si loin, qu'est-ce à dire? Sinon loin de la famille. Si respectable

que soit ce sentiment, il repose sur une image fausse, sur un manque d'habitude des voyages et des séparations que, chose curieuse, on retrouve chez les peuples moins évolués, ce qui montre à quel point il est naturel. Les planteurs du sud indochinois ont quelque difficulté à recruter des coolies au Tonkin, parce que le seul mode pratique de transport du Tonkin en Cochinchine c'est encore de prendre le bateau. L'Annamite qui prend ainsi le bateau a l'impression qu'il abandonne définitivement sa famille, son foyer, son sol natal et qu'il ne les reverra plus. Par terre il entreprend volontiers des voyages aussi considérables pour faire du petit négoce; mais la mer reste pour lui l'image concrète de la séparation. Il en va encore un peu de même pour la famille française; prendre un bateau c'est s'exiler, quitter pour toujours les siens. A cette première image fausse s'ajoutent toutes celles qu'on a construites sur le climat, la vie, le milieu et qui font pour beaucoup de familles françaises appréhender le séjour de leurs fils dans les Colonies. Sans doute peu à peu, ces images s'affaibliront; le nombre ira grandissant de ceux qui sont allés aux Colonies et qui en sont revenus non seulement sans dommage physique, intellectuel et moral, mais bien mieux avec un épanouissement de leurs connaissances, de leur expérience et de leurs facultés; ceux-là peu à peu répandront l'idée coloniale autour d'eux et ainsi s'évanouiront les difficultés actuelles de recrutement d'abord en quantité, puis en qualité.

Mais que cette évolution est lente, qu'elle demande d'efforts, de propagande inlassable. Et pendant ce temps nos colonies attendent qu'on les mette en valeur; les capitaux sont disponibles, comme on l'a vu il y a peu d'années pour l'Indochine, mais il n'y a pas assez de monde pour les employer et surtout pour les bien employer.

Peut-on penser vraiment qu'on ne peut pas accélérer un peu cette évolution, que nos esprits sont à ce point réfractaires à l'image de la réalité qui a été faussée certes, mais qui est si simple cependant? Ne peut-on pas voir que l'Indochine, pour en revenir à cette colonie, est un pays qui n'a rien de mystérieux, ni d'extraordinaire, que pour le mettre en valeur, il ne suffit pas de dire ici en France, mais qu'il faut aller là-bas, qu'il faut que des élites de techniciens et de dirigeants aillent y porter les méthodes et la science trop jalousement réservées jusqu'ici à la Métropole?

Et pourtant combien de nos colonies nous sont indispensables. C'est là un thème sur lequel on est trop souvent revenu pour que j'aie besoin d'insister sur lui. Sans nos colonies, nous sommes une petite nation européenne dont l'influence doit s'effacer peu à peu devant celle de l'immense Empire Britannique, si ce colosse ne se détruit pas lui-même ou devant celle plus certaine des gigantesques Etats-Unis américains; seules nos colonies nous permettent de conserver une position défendable et de ne pas être assimilés peu à peu par l'un ou par l'autre de ces grands groupements.

Il y a deux siècles, la France était sans contestation possible, le premier pays du monde; elle a peut-être conservé ce rang, encore qu'il soit disputé au point de vue intellectuel et artistique; mais au point de vue économique qui finit toujours par emporter le reste, nous ne venons plus qu'au troisième ou au quatrième rang. Je ne sais pas si nous devons à nos ancêtres une bien grande gratitude pour ce résultat. Mais ce qui est sûr c'est que cette descente va continuer, si nous ne tendons pas toutes nos énergies pour nous arrêter; dans cet effort, nous n'avons qu'un seul véritable appui futur : ce sont nos Colonies à condition que nous les mettions en valeur et par conséquent à condition que nous y envoyions les techniciens et les dirigeants dont elles ont besoin. Nous avons le périlleux honneur de pouvoir encore choisir le rang de la France de nos enfants : que choisirons-nous?

F. Blondel,
Chef du Service Géologique de l'Indochine, à Hanoï.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Lévy (Paul), *Professeur à l'École Polytechnique*. — **Cours d'analyse**. *Tome Ier*. — *1 vol. in-4° carré de 378 p. Gauthier-Villars, éditeurs, Paris*, 1930. (*Prix :* [illegible])

L'École Polytechnique a pris une heureuse initiative en imprimant les cours qui y sont professés; ceux-ci, jusqu'ici, étaient simplement reproduits en feuilles autographiées, remises aux élèves. Le public va donc pouvoir bénéficier maintenant de l'Enseignement de l'École.

Ce volume est donc la reproduction du cours même professé par l'éminent analyste qu'est M. Paul Lévy, et sauf la première des notes finales, plus développées que ne le comporte l'enseignement de l'école, il est exactement ce qu'il serait s'il ne devait pas franchir l'enceinte de l'École.

Les matières traitées dans ce premier volume sont celles du programme arrêté par les conseils de l'École pour le cours de première année : des compléments de calcul différentiel et intégral, dont les éléments sont déjà exposés en mathématiques spéciales; la théorie des intégrales multiples, les applications géométriques du calcul différentiel et intégral et la théorie élémentaire des équations différentielles.

L'auteur n'a pas craint de faire à l'intuition un appel aussi fréquent que possible, sans pour cela supprimer les démonstrations rigoureuses qui doivent compléter les considérations intuitives. Ainsi, à propos des intégrales multiples la démonstration analytique de la règle des changements de variables est complétée par des raisonnements géométriques qui à la fois montrent mieux la raison de l'introduction du jacobien et permettent, dans certains cas simples, une évaluation immédiate de ce déterminant.

Mais il a évité de pousser ce développement de théorie pure plus loin qu'il n'est nécessaire; ainsi à propos de la théorie des intégrales définies, l'auteur introduit la notion de continuité uniforme sans laquelle on ne peut établir l'existence de l'intégrale, mais il n'est pas question des intégrales généralisées de Stieltjes et de Lebesgue ni d'aucune des notions nouvelles de la théorie des ensembles.

On se rendra compte de l'esprit dans lequel a été écrit ce livre en écoutant l'auteur nous dire que « se borner à un exposé élémentaire serait se placer à un point de vue un peu trop utilitaire. Ce serait aussi prendre trop à la lettre les instructions ministérielles qui rappellent que l'École Polytechnique est destinée à assurer le recrutement des officiers et des ingénieurs de l'État, que de borner le cours d'analyse à l'exposé des théorèmes utiles au plus grand nombre des officiers ou ingénieurs ».

Ce qui a fait la grandeur de l'École depuis sa création, ajoute-t-il ce qu'il faut en conséquence chercher à conserver dans l'intérêt du pays, autant que de l'École, c'est de s'en tenir à cette définition : l'École Polytechnique est une école d'enseignement scientifique supérieur. Le présent cours répond à cette opinion qu'a M. Lévy de la fonction de l'École et il est sûr, en ce qui concerne la hauteur du niveau actuel des études, d'être d'accord avec la majorité des membres des Conseils de l'École qui ont en effet souvent exprimé le désir de voir un certain nombre d'élèves s'orienter vers les études scientifiques, afin qu'il soit possible de recruter parmi eux une partie importante du personnel enseignant. Dans ce but ils entendent faire des cours de l'École une base solide pour des études scientifiques plus élevées.

D'aucuns estimeront que peut-être n'est-ce pas là le rôle de l'École; quoi qu'il en soit, ce sont les raisons qui ont été dites qui font que ce cours d'analyse, à côté des théories constructives évidemment nécessaires aux applications contient des développements utiles pour la rigueur de l'exposition mais dont le maintien dans les cours de l'École a parfois été discuté.

Si faute de disposer d'un nombre de leçons en rapport avec l'étendue du programme, un assez petit nombre d'exercices sont traités complètement, le lecteur trouvera un plus grand nombre d'exercices proposés avec quelques indications sur la solution dans les cas où il faut plus d'initiative qu'on est en droit d'en attendre d'un bon élève.

Le lecteur de cet ouvrage ne devra pas trop se préoccuper du point de vue utilitaire, mais s'efforcer de s'intéresser aussi à la philosophie de cet enseignement.

Ce sera la meilleure façon d'en tirer le plus possible de profit intellectuel.

Ce cours fait noble figure auprès des cours de Jordan et de Humbert, si appréciés du public mathématicien, et constitue une admirable préparation à une culture scientifique supérieure. Il remplit ainsi ce qui paraît avoir été l'objectif essentiel de l'éminent Professeur d'analyse de l'École Polytechnique.

L. Potin.

*
**

Publications du Laboratoire d'Astronomie et de Géodésie de l'Université de Louvain. Vol. VI, 1929. *Uystpruyst, éditeur à Louvain*.

Nous relevons dans cette publication la Table jusqu'à $n = 1.200$ des factorielles n. décomposées en facteurs premiers par M. Alliaume, professeur d'astronomie à l'université de Louvain. Ce travail mémorable pourra avoir une grande utilité pour les problèmes que pose la théorie des nombres; il utilise les produits (n) des nombres premiers successifs de 2 à n inclus. Une autre table des mêmes factorielles, disposée différemment, avait déjà été publiée

par le même auteur dans le tome V du même recueil.

Cette publication périodique contient des articles de fond et une revue des travaux astroomiques les plus récents.

M. DE B.

***

Papelier (G.). — **Eléments de la trigonométrie sphérique.** — 1 *vol. in-8° de 162 pages avec figures. Librairie Vuibert*, 1930. (*Prix : 20 francs*).

Sciences achevée, on le sait. Les qualités doivent donc être recherchées dans l'exposé : on les y rencontre. La clarté est parfaite, lumineuse, telle qu'on devait l'attendre de l'excellent professeur de mathématiques spéciales. Signalons des chapitres très intéressants sur les cercles inscrits, ex-inscrits et circonscrits au triangle sphérique, les médianes, bissectrices et hauteurs d'un triangle sphérique, l'étude de l'excès sphérique, la puissance sphérique d'un point de la sphère par rapport à un petit cercle, l'axe radical de deux petits cercles, le théorème de Ménélaüs étendu à la sphère. Certaines de ces questions permettent de préciser diverses particularités de la géométrie sphérique non Euclidienne.

B. M.

***

Durand (G.) — **Pour comprendre la Trigonométrie.** — 1 *vol. in-12 de 250 pages et 146 fig. avec des tables. G. Doin, à Paris*, 1930, 15 *fr.*

C'est un nouveau volume de l'excellente collection « Bibliothèque d'Education scientifique », publiée par M. l'Abbé Moreux, dont on louera de plus en plus l'initiative. Il ne dépare pas ses devanciers.

Supposez un traité classique écrit non pas, comme on le fait aujourd'hui par économie, en réduisant à peu de chose le texte qui accompagne les formules, mais en donnant au contraire à ce texte un développement comparable à celui d'un ouvrage qui doit se *lire*, lire « tout court » et non pas « lire la plume à la main » ; de ce livre où le style a une part non négligeable, enlevez les considérations trop poussées, trop savantes, vous aurez un volume de la collection Moreux.

Les volumes de cette collection ne viendront donc pas *remplacer* les ouvrages classiques existant, mais se juxtaposer à ceux-ci et je dirais : ils doivent être lus, car le mot « lire » peut être pris ici dans son sens obvie, soit *avant* l'étude de la question dont ils traitent, à titre d'Introduction, soit *après* cette étude, pour obtenir la compréhension du sujet dans sa forme la plus complète.

B. M.

2° Sciences physiques.

Rabinowitsch (Eugen) et **Thilo** (Erich). — **Periodische System, Geschichte und Theorie.** — 1 *vol. grand in-8° de 302 pages, avec 50 figures et 49 tableaux, édité chez Enke, Stuttgart*, 1930. (*Prix, broché : 27 marks; relié : 29 marks.*)

Le tableau périodique des éléments joue aujourd'hui un rôle fondamental en chimie aussi bien qu'en physique atomique. Depuis que Mendeléef et Lothar Meyer en ont eu les premiers l'idée, son importance a été sans cesse en croissant et ses applications n'ont fait que gagner en étendue. Il était intéressant de lui consacrer une monographie relatant à la fois l'histoire de son développement et l'ensemble de son rôle physico-chimique.

C'est le but que se sont proposé les deux auteurs de ce livre, et le lecteur sera heureux d'y trouver rassemblées beaucoup de données expérimentales ou théoriques qui, sans être nouvelles, étaient éparses dans un assez grand nombre de publications diverses.

La première partie est purement historique et relate les origines et la naissance du Tableau périodique. La seconde résume les faits qui ont mis en évidence les constituants principaux des atomes, électrons et protons, et qui ont conduit à introduire la notion de nombre atomique. L'aspect vraiment moderne de la question fait l'objet des trois sections suivantes, intitulées : le modèle de l'atome; la construction du système périodique; la périodicité des propriétés chimiques. Les physiciens et les chimistes y trouveront rassemblées la plupart des données spectroscopiques et chimiques qui ont permis à Bohr et à ses continuateurs de donner au tableau périodique sa signification précise et son rôle actuellement dominant.

E. B.

***

Sevin (E.), *Ingénieur en chef des Services techniques à la Compagnie d'Orléans.* — **Gravitation, Lumière et Electromagnétisme.** — 1 *brochure in-8° de 60 pages. Librairie scientifique A. Blanchard, Paris*, 1930.

Dans la voie de la recherche d'une synthèse unique des lois physiques, M. Sevin a cherché à embrasser dans une seule théorie les phénomènes de la mécanique, de l'optique et de l'électromagnétisme, qui jusqu'à Maxwell étaient distincts.

M. Sevin insiste d'abord sur l'indétermination radicale que comportent les théories mathématiques destinées à interpréter les lois physiques. Examinant les difficultés qui en dérivent, il tente de les faire disparaître.

La conception fondamentale qui a guidé M. Sevin dans ses recherches, aboutissant au déterminisme qu'il fait connaître, consiste à regarder l'univers comme inclus dans un espace quadridimensionnel qui a trouvé son expression dans un livre précédent de l'auteur dont il a été déjà rendu compte à cette même place. Il lui est alors facile de montrer que l'éther vibre transversalement sans offrir de résistance au déplacement des masses. La synthèse qu'il présente englobant l'électromagnétisme, l'optique et la gravitation, est en accord avec le point de vue classique d'après lequel le mouvement de la matière ou des particules électrisées par rapport à l'éther, correspond à une réalité physique.

Il peut ainsi constituer un système qui aboutit à un déterminisme absolu.

Si l'on néglige le modèle d'univers qui nous est donné il reste du travail de l'auteur une étude mathématique intéressante où l'ensemble des phénomènes se trouve rattaché à la considération d'un seul vecteur de grandeur invariable qui mesure une force ou une charge électrique.

F. M.

*
**

Schottky, Rothe, Simon. — Glühelektroden und Technische Elektronenrohren. (Handbuch der Experimentalphysik.) — 1 *vol. in*-8° *de* 146 *p. et* 159 *fig. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig,* 1928. (*Prix :* 40 *marks.*)

Nos lecteurs connaissent déjà l'intérêt et la valeur du « Handbuch der Experimentalphysik », véritable encyclopédie de la Physique expérimentale, publiée sous la direction de MM. Wien et Harms par la Société Académique d'Editions de Leipzig. Le présent volume constitue la IIe partie du tome XIII de la collection. Il se subdivise en trois exposés distincts : 1° Physique des électrodes incandescentes, par Schottky et Rothe; 2° Fabrication des électrodes incandescentes, par Simon; 3° Tubes électroniques industriels et leurs applications, par Rothe.

La première partie est une synthèse très complète de tous les faits essentiels et des principales théories concernant l'émission thermique des ions et des électrons. Après un court aperçu historique, les auteurs posent nettement le problème thermionique sous sa forme thermodynamique la plus générale. Puis ils introduisent les notions expérimentales qui se rattachent à la tension de vapeur du gaz électronique, considéré à la façon de Richardson et de Fermi-Sommerfeld. Un chapitre spécial est consacré à l'émission d'ions positifs par certains corps incandescents, un autre à l'influence de la température sur le travail d'arrachement des électrons à la couche double superficielle d'un métal. Toutes ces questions sont en rapport étroit avec la tension dans la série voltaïque et avec la thermo-électricité. L'influence d'atomes étrangers à la surface d'un métal pur, l'ionisation des sels et des oxydes, sont étudiées dans deux chapitres très substantiels et bien documentés. Le mouvement des électrons dans le vide, la charge spatiale, l'effet du champ électrique atomique et du champ-image, les phénomènes de fluctuation connus sous le nom de *schroteffekt* et de *funkeleffekt* sont décrits avec beaucoup de détails et d'une façon très satisfaisante.

La seconde partie, qui est d'un caractère purement technique, n'est pas la moins intéressante de l'ouvrage. Elle donne des détails circonstanciés sur les modes modernes de préparation des cathodes métalliques et des cathodes à oxydes (cathodes de Wehnelt, cathodes à couches monomoléculaires, cathodes équiponentielles, méthodes de chauffage et de purge des cathodes). Elle sera d'une documentation très utile pour l'ingénieur comme pour le physicien de laboratoire.

La troisième partie est consacrée aux applications des tubes électroniques (lampes triodes), soit pour l'amplification, soit pour l'émission et ondes entretenues, soit pour le redressement et la dilution. Sur ces questions, pour lesquelles nous avons en France des exposés originaux nombreux et bien faits, comme ceux de MM. Gutton et Mesny, le lecteur n'aura pas grand'chose à apprendre du travail de M. Rothe. Non que cette partie du volume soit à proprement parler inférieure aux deux autres, mais elle présente de nombreuses lacunes, qui empêchent de se former une idée d'ensemble vraiment correcte du sujet. On ne peut oublier que c'est en France et en Amérique que les questions de T. S. F. par lampes ont pris naissance et se sont le plus développées; la bibliographie et la documentation de M. Rothe sont franchement insuffisantes à cet égard.

L'ensemble de ce volume fournit un cadre très utile, aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, à tous ceux qui travaillent dans le domaine des phénomènes électroniques et thermioniques. Il est rédigé d'une façon claire et bien ordonnée. Les figures y ont une netteté et une correction qui répond bien à la qualité typographique et à l'excellente présentation de l'ouvrage. Nous pensons qu'il rendra certainement de grands services aux chercheurs de laboratoire, aux ingénieurs et aux professeurs. C'est, comme la plupart des volumes du Handbuch der Experimentalphysik, un livre dont ne peut se passer aucune bibliothèque de physique soucieuse de se tenir au courant du progrès.

L. B.

*
**

Heisenberg (W.). — Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. — 1 *vol. in*-8° *de* VIII-120 *pages. Hirzel éd. Leipzig,* 1930. (*Prix :* 7 *r.-m.*)

Ce petit livre est un livre important. Il constitue la mise au point des conférences professées par M. Heisenberg au printemps de 1929 à l'Université de Chicago. On sait quelle est la contribution essentielle de M. Heisenberg aux progrès récents de la théorie des quanta, aussi bien en ce qui concerne le formalisme mathématique adéquat à cette théorie (calcul des matrices) qu'en ce qui touche les questions de principe (règle d'indétermination). Le présent exposé a été volontairement allégé de tout l'appareil des démonstrations mathématiques, dont l'essentiel est condensé dans un chapitre terminal auquel le lecteur peut se référer rétrospectivement. De la sorte rien ne vient troubler la suite logique des principes et de leurs applications, qui constitue l'objet principal de l'ouvrage. L'idée entière de cet ouvrage réside nettement dans le célèbre *principe d'indétermination* dont M. Heisenberg voit l'origine dans les idées de Bohr, mais dont il a lui-même prouvé la fécondité. C'est ce principe qui sépare la mécanique classique de la mécanique quantique, les théories statistiques des théories causales. A l'intérieur de la mécanique quantique, il est indifférent de traiter les problèmes soit en employant l'image corpusculaire soit en employant l'image ondulatoire, ces deux ima-

ges se limitant naturellement dès qu'on observe la règle d'indétermination. L'indication de ces limites sur des exemples précis (mesures de lieu, de vitesse, d'énergie) et la discussion serrée de quelques expériences fondamentales (expérience de Wilson, d'Einstein et Rapp, de Compton, diffraction, interférences, fluctuations) au double point de vue ondulatoire et corpusculaire constituent la partie la plus suggestive et la plus originale de l'ouvrage. Celui-ci ne peut manquer d'apporter à la mécanique quantique l'adhésion des esprits qu'effrayaient encore trop de contradictions maintenant résolues. Ces adhésions seraient plus nombreuses encore si l'auteur avait su mettre dans sa rédaction autant de clarté que de profondeur.

L. B.

***

Gay (L.), *Professeur de Chimie physique à la Faculté des Sciences de Montpellier.* — **Cours de Chimie physique**. Tome I. — 1 *vol. in-8° de* 698 *pages avec* 164 *fig. Hermann et Cie, éditeurs, Paris*, 1930 (*Prix, broché :* 85 francs).

La chimie physique occupe décidément une place privilégiée dans la littérature chimique actuelle. Il y a peu de temps nous donnions encore dans cette Revue un compte rendu d'un ouvrage remarquable sur le sujet, dû à la plume de l'éminent professeur de Bordeaux, M. Vèzes. C'est vraiment un succès pour la plus jeune des sciences physiques. Si jeune que pas un des traités qui la concerne ne présente de ressemblance avec les précédents parce que la chimie physique ne connaît pas encore de formes traditionnelles que sont à rechercher les auteurs. Aussi M. Gay en fixant l'état actuellement classique de la chimie physique, soucieux donc de n'imiter personne, nous présente cette science telle qu'il la conçoit. Mais pour cela quel effort exige-t-il de ses lecteurs...! Pas moins que la lecture de trois volumes dont le premier, celui-ci, comporte 700 pages ce qui nous promet un ouvrage de 3.000 pages.

C'est peut-être excessif bien qu'il ne s'agisse pas d'un précis ni même d'un cours où les doctrines peuvent prendre un aspect dogmatique voulant donner le change sur leur rigueur et leur valeur, mais d'un traité où toutes les questions sont épuisées par une critique aussi profonde que mesurée. Dans ses critiques, ainsi que le dit M. Urbain dans la préface qu'il a écrite pour ce travail, l'auteur est arbitre et ne veut être ou paraître être d'aucun camp.

Cependant, il est manifeste que ses préférences vont à la thermo-dynamique. Deux volumes de son traité lui seront consacrés. Le troisième le sera à l'électricité, au magnétisme, à la capillarité, à la cinétique et à la photochimie, et il ne sera pas question de la radioactivité, de la structure des édifices moléculaires et atomiques, des classifications des éléments que M. Gay se propose de présenter plus tard.

Il y a quelques raisons de s'étonner d'un pareil développement, car il est manifeste que beaucoup de pages pourraient être retranchées, leur contenu se retrouvant minutieusement étudié dans quantités d'ouvrages de physique pure et de mécanique.

Mais l'auteur est allé au-devant de notre observation. Il nous dit, en effet, qu'à son avis, c'est un leurre décevant que vouloir, dans l'établissement d'un cours de chimie physique, sacrifier la précision à la concision ou à la crainte de demander un effort intellectuel au lecteur, car énoncer les règles sans les établir théoriquement avec toute la rigueur mathématique nécessaire, c'est l'exposer à ignorer leurs limites d'applicabilité, et, par suite, à les appliquer à tort. Cela nécessite évidemment que tout ce qui touche de près ou de loin à la chimie physique soit exposé clairement dans ses principes, ses développements, les conséquences et cela conduit loin. Cependant il faut convenir que les raisonnements de la chimie physique sont basés, d'une part, sur des principes généraux dont la signification exacte doit être précisée avec grand soin, et d'autre part sur des hypothèses complémentaires, telles par exemple que la vérification de la relation PV = RT concernant les gaz et les vapeurs.

Aussi les raisonnements purement mathématiques de la thermodynamique ont-ils séduit M. Gay et expliquent-ils ses préférences. Il n'est donc pas un bien chaud partisan de l'atomisme encore éloigné des formes rigoureuses et il a su résister à la tentation « d'être dans le train » ainsi que le dit M. Urbain. Il sera critiqué, par conséquent, par les atomistes intransigeants, mais aussi loué pour la qualité de son livre par ceux qui savent qu'une culture fondamentale solide est nécessaire avant d'aborder la science qui se crée.

C'est, en conséquence, une œuvre pédagogique au premier chef que nous offre M. Gay où tout écart d'imagination est sévèrement banni.

La première partie du présent volume est consacrée à la Thermodynamique générale, la deuxième à l'étude des états gazeux dilué et cristallin, la troisième à l'osmose et à la règle des phases, la quatrième à l'étude du corps pur. Enfin un important appendice comporte un ensemble de problèmes avec directives et solutions, choisis souvent parmi ceux qui se posent à l'industriel car la seule bonne façon d'apprendre la chimie physique est de s'exercer à son maniement, d'en appliquer les règles générales à des cas particuliers divers, en un mot de faire des problèmes.

Les étudiants, les chimistes déjà installés dans les laboratoires industriels trouveront on le voit dans M. Gay un guide sûr. Il leur sera d'autant plus agréable de profiter de ses enseignements qu'ils sont rédigés avec soin et présentés avec toute l'élégance que sait apporter dans ses publications la Maison Hermann.

L. Potin.

3° Sciences médicales.

Reynier (Dr Pierre). — **Contribution à l'étude du Traitement de la Tuberculose par l'or.** Préface du Dr Caussade. — *1 vol. in-8° de 176 p. avec planches hors texte. Paris, Picard*, 1930 (*Prix : 30 francs*).

Ce livre, appelé à produire une vive impression, nous semble une bonne mise au point du traitement de la tuberculose par les composés auriques. Quelques-uns de ceux-ci, notamment la sanocrysine (ou crisalbine) et l'allochrysine, ont acquis en France une certaine célébrité, par les résultats qu'ils ont permis d'obtenir, et par les accidents consécutifs à leur administration intraveineuse. Il y a toutefois intérêt, en particulier chez les tuberculeux pulmonaires, à employer la voie veineuse : les germes (toujours capables d'infecter le cobaye) que renferme le sang des malades, sont soudainement attaqués; le danger de leur accoutumance au médicament est aussi réduit que possible; les poumons reçoivent en quelques secondes presque toute la dose, diluée et brassée dans le torrent circulatoire, ce qui a provoqué l'ionisation de ses molécules, et même, peut-être, leur dynamisation au sens que les homéopathes donnent à ce mot; enfin, une partie de cette dose reste plus ou moins longtemps dans les vaisseaux pulmonaires.

Aux composés d'un emploi délicat sinon dangereux, l'auteur oppose le Crysiodal, qui perment toujours, sans incident, l'injection de quantités d'or assez fortes, sans qu'il existe d'autre contre-indication que l'insuffisance hépatique ou rénale grave. La caractéristique de ce médicament est que l'or ne s'y trouve pas lié à la molécule par l'intermédiaire du soufre, dont il est d'ailleurs exempt. Sans doute permet-il, par une sorte de réaction de Hübl, aux effets antibacillaires de l'iode, du cadmium et de l'or, de se renforcer dans l'organisme. Ces éléments y sont fixés sur l'hexaméthylènetétramine, elle-même décomposée au niveau des lésions (où la réaction du milieu est acide) et libérant alors de l'aldéhyde formique, qui agit comme antiseptique et peut-être comme mordant. Surajoutés à la combinaison précédente, du calcium et du strontium s'opposent à toute réaction trop vive, le premier de ces métaux ayant encore la propriété de neutraliser les acides toxiques engendrés par la désintégration des bacilles, le second étant antibacillaire *in vitro*.

Ce médicament, l'auteur, comme nombre de ses confrères, l'utilise depuis plusieurs années, avec de très bons résultats. Les observations qu'il rapporte, confirmées par de belles radiographies et d'éloquentes courbes de température, prouvent, croyons-nous, qu'associé à un peu de calcium et d'ergostérine irradiée, le crysiodal est l'arme la plus efficace que nous possédions contre la tuberculose, dont il permet le traitement ambulatoire.

Au point de vue social, tout un programme de lutte en pourrait résulter. On a démontré jusqu'à l'évidence (voir en particulier le remarquable ouvrage du Dr E. Olivier, de Lausanne, sur « La lutte contre la Tuberculose en Suisse ») qu'étant donné le coût d'un traitement au sanatorium, et le nombre des tuberculeux, vouloir les hospitaliser tous dans des établissements de cure, conduit à une impasse. Pour avoir quelque efficacité, nous dirons même pour être possible, la lutte contre la tuberculose doit disposer d'un remède permettant aux praticiens de traiter et de vaincre la maladie dans la plupart des cas, les centres de cure étant réservés aux seuls malades « résistants ». Or le crysiodal, comme nous l'avons constaté maintes fois, est pour ainsi dire toujours très rapidement efficace à la phase *initiale* d'une évolution tuberculeuse. Il faudrait donc, par tous les moyens de propagande, arriver à vulgariser cette notion, que la tuberculose, à sa période de début clinique, est actuellement curable, et que tout sujet qui éprouve de la lassitude sans cause, qui manque d'appétit, maigrit et pâlit, qui tousse d'une façon persistante, ou guérit difficilement d'une bronchite ou d'une grippe, qui a des sueurs nocturnes ou un peu de fièvre chaque soir, peut commencer une évolution tuberculeuse, et doit se faire examiner sans retard.

Telles sont les idées, très justes, sur lesquelles l'auteur, et le Dr Caussade, dans sa préface, insistent avec raison. En écrivant ce remarquable ouvrage, le Dr Reynier a rendu aux praticiens non encore avertis, et aux malades, le plus signalé service, et a fait preuve d'un courage dont il convient de le féliciter. Dans son avant-propos, il note : « Nous avons eu l'occasion d'expérimenter systématiquement un complexe organo-métallique non soufré, qui paraît aujourd'hui avoir rallié les suffrages de tous les médecins spécialisés, capables d'une impartialité suffisante, et aussi, disons le mot, assez courageux pour oser faire profiter leurs malades d'une médication à laquelle peu de journaux et de revues ont encore consacré des articles ». Ces lignes laissent soupçonner un aspect de la question, que son importance sociale nous interdit de laisser dans l'ombre.

Mais ici, pour décrire un milieu et tracer une série de portraits, la verve d'un Maurice Maindron ou d'un René Benjamin serait nécessaire. Nous nous bornerons à rappeler, simplement, que le crysiodal a été découvert, il y a une dizaine d'années, par le Dr Etienne Maigre. En même temps qu'il étudiait les effets pharmacodynamiques du bleu de méthylène, dans un laboratoire situé non loin de la Sorbonne, il constata les premiers faits qui devaient lui permettre de créer son médicament. Cela finit par éveiller quelque jalousie; aussi lui fit-on comprendre, en le privant de tout moyen d'action, qu'il devait poursuivre ailleurs ses recherches. Ce qu'il fit, sans appui, sans argent. Et c'est sur un coin de table, avec des produits fournis par un ami chimiste, que le crysiodal fut composé.

Son innocuité démontrée, il fallut pouvoir l'injecter à l'homme : autre série de difficultés et de refus... Cependant des malades, dont la thérapeutique « officielle » n'avait pas amélioré l'état, demandèrent des soins au Dr Maigre. Guéris ou mieux

portants, ils lui envoyèrent d'autres tuberculeux. Et, pendant des années, il en fut ainsi, les succès s'accumulant. Nombre de praticiens emploient aujourd'hui le crysiodal, encore trop peu connu d'un public, que le Comité National de Lutte contre la Tuberculose continue, d'ailleurs, de mettre en garde, par des prospectus, des articles et des affiches, « contre tout traitement consistant en injections intraveineuses ou autres ».

Courageux et utile, le livre du Dr Reynier est un hommage enfin rendu à celui qui, malgré toutes sortes d'obstacles, a su découvrir et mettre au point, un agent thérapeutique capable de lutter efficacement contre l'infection tuberculeuse.

Marcel François.

4° Sciences diverses.

Descamps (Paul). — **Etat social des Peuples sauvages.** Préface de Paul Rivet. — 1 *vol. in*-8° *de* 288 *p. avec* 23 *hors-texte, Paris, Payot*, 1930.

Ce livre est consacré aux populations qui vivent de la chasse, de la pêche et de la cueillette, c'est-à-dire qui offrent les formes économiques les plus primitives. « La science, dit M. Descamps, doit se maintenir sur le terrain du déterminisme et abandonner le reste à la philosophie. C'est un travail de sociologie scientifique que nous avons voulu faire, non une thèse de métasociologie... Pour trouver les causes des faits il faut croire au déterminisme ou sinon il est bien évident qu'on ne trouvera rien. Il ne peut donc y avoir de tabous préalables limitant la sphère des investigations. Il en résulte que l'attitude du chercheur ressemble étrangement à celle d'un adepte de la théorie purement mécaniste du monde. Rapprochement pourtant superficiel, car ce qui est principe chez le second n'est qu'une attitude chez le premier. A côté des causes prochaines évidentes ou démontrées, il y a donc place pour des causes plausibles quoique hypothétiques. Leur intérêt est d'abord d'aider à la compréhension des choses, ensuite d'amorcer la voie à de nouvelles recherches. Les causes hypothétiques ne seraient nuisibles que si on les prenait pour des vérités établies... L'ouvrage que nous avons voulu faire peut se réclamer de l'ethnologie, mais il est toutefois plus particulièrement sociologique. Nos catégories sont fondées moins sur la race que sur l'état social, et nous laissons de côté la question des rapports ethniques... Par sociologie j'entends ici non la sociologie spéculative ou philosophique, mais la sociologie descriptive. Celle-ci diffère, à notre avis, de l'ethnologie en ce qu'elle prend comme base de ses recherches les éléments de l'organisation sociale : groupement des individus en vue du travail, de la vie au foyer, rôle des clans, fonctions de la tribu, etc. Toutefois la documentation à laquelle nous avons dû recourir a un caractère plus ethnologique que sociologique parce que les observations scientifiques sur les sauvages ont été généralement faites par des ethnologues... Cet ouvrage d'ensemble sur la vie sociale des peuples sauvages s'imposait à un double titre. Il vient de combler une lacune à une heure où les travaux synthétiques sont de moins en moins commodes à réaliser par suite de l'abondance des matériaux, et pourtant combien nécessaires! Il met ensuite à la portée des travailleurs français une foule de faits classés et commentés provenant de l'analyse de nombreux ouvrages qu'ils ne peuvent pas toujours avoir sous les yeux, d'autant plus que la plupart n'ont pas été traduits en français. Il se fait en effet que les sauvages proprement dits — c'est-à-dire les peuples qui vivent directement des productions spontanées de la nature — occupent surtout ou occupaient des territoires colonisés par les Anglo-Saxons (Australie, Sud-Afrique, Etats-Unis, Dominion), de sorte que la majorité des livres écrits sur eux l'ont été en anglais... L'ouvrage se divise en trois parties. La première est une étude de base à propos de laquelle la plupart des grandes questions sont traitées dans leurs causes et leurs effets : organisation des ateliers, esclavage de la femme, matriarcat, exogamie, totémisme, promiscuité, etc. Nous pouvons ainsi passer plus rapidement sur la description des autres populations, supposant ces premières explications comprises. Les deux autres parties peuvent dès lors être orientées d'une façon différente. Les peuples chasseurs d'une part, les pêcheurs de l'autre, ont été rangés dans l'ordre de la complication des transports. On se rendra compte de l'évolution divergente suivie par ces deux genres de populations, les chasseurs n'évoluant que tardivement sous l'influence de la traite commerciale par le contact des peuples plus civilisés, les pêcheurs, au contraire, évoluant progressivement avec le perfectionnement de la pirogue. »

Ces lignes, empruntées à l'introduction, précisent, mieux que nous ne pourrions le faire, les caractéristiques du travail de M. Descamps. Il est impossible de résumer un ouvrage de ce genre, et nous nous bornerons à signaler, à titre d'exemple, les intéressantes observations sur la mortalité infantile, la durée de l'allaitement et la natalité en rapport avec l'alimentation des sauvages. Outre une importante bibliographie, nous trouverons à la fin du volume un index synthétique sur le niveau culturel (technique, intellectuel et religieux) et sur la formation sociale (liens de solidarité, situation de la femme et éducation) et un index alphabétique, qui nous permettent de nous orienter au milieu des données très nombreuses apportées par M. Descamps. Son livre ne se recommande pas seulement aux spécialistes : tous les esprits curieux y trouveront matière à réflexion.

M. Dufour.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SOCIETÉ DE BIOLOGIE

Séance du 5 juillet 1930.

MM. **L. Nattan-Larrier** et **L. Richard** : *Action du tissu placentaire sur l'alexine.* La pulpe placentaire fraîche, mélangée à un sérum normal, riche en alexine, fait disparaître les propriétés qui caractérisent cette substance. Cette action paraît due à l'adsorption de l'alexine par les éléments cellulaires avec lesquels on la met en contact. — Mlle **Catherine Veil Marcelle** et M. **Beauvallet** : *Les mélanophores de la carpe et leurs chronaxies.* La loi générale de l'excitation, loi qui relie la durée à l'intensité liminaire d'un courant constant, se retrouve sur tous les mélanophores de Poisson. Mélanophores ramifiés et mélanophores ronds ont une chronaxie différente elle est de 5 secondes pour les premiers, de 1 seconde environ pour les seconds. — M.G. **Gelman** : *Une simplification de la réaction de Bordet-Wassermann.* La modification que proposent les auteurs consiste à activer la fixation de l'alexine sur le complexe antigène-anticorps par une agitation de 3 minutes au lieu d'un séjour d'une heure à l'étuve. Elle simplifie la réaction de fixation, tout en donnant des résultats exacts. — MM. **C. Levaditi, P. Lépine** et Mlle **R. Schoen** : *Maladie de Schilder-Foix (sclérose cérébrale centro-lobaire) spontanée chez le Singe.* Le singe catarrhinien est susceptible de présenter le syndrome clinique et les altérations histopathologiques qui caractérisent la sclérose cérébrale centro-lobaire de Schilder-Foix, maladie humaine. Cette constatation est importante du point de vue de la réceptivité des espèces simiennes au virus, encore inconnu, des affections appartenant au groupe de la sclérose disséminée. Etant donné que le Singe peut présenter spontanément certaines de ces affections, des réserves s'imposent quant à l'interprétation des résultats expérimentaux recueillis chez les simiens. — MM. **Jean Troisier** et **Yves Boquien** : *Spirochétose ictéro-hémorragique spontanée du Cobaye. Contamination de cage par un porteur de germes.* 1° La spirochétose expérimentale du Cobaye non-seulement n'est pas fatalement mortelle mais peut être complètement latente, si l'on ne pratique pas l'examen des urines après nitratation, ou leur inoculation ; 2° Un animal ayant contracté cette infection fruste peut rester porteur de germes et éliminer dans ses urines de nombreux Spirochètes virulents plus de deux mois après l'inoculation. 3° Ces Spirochètes peuvent végéter dans un milieu hydrique intermédiaire, où un autre animal est susceptible de se contaminer. C'est là, chez l'animal, la démonstration expérimentale de ce qui paraît se passer si fréquemment chez l'Homme. — MM. **L. Pellissier, J. Valtis**, et **N. Kisthinios** : *La réserve alcaline chez les tuberculeux pulmonaires.* 1° La réserve alcaline chez les tuberculeux pulmonaires est voisine de la normale ou lui est supérieure ; 2° le taux de la réserve alcaline chez les tuberculeux pulmonaires n'est aucunement régi par l'étendue, la gravité évolutive ou l'ancienneté des lésions. — MM. **S. Nicolau** et **P. Guiraud** : *Essais de transmission de la syphilis aux Lapins à l'aide d'inoculations de substance cérébrale provenant de cas de paralysie générale.* Il n'a pas été possible d'obtenir une souche de Spirochètes susceptible de subir des passages en série de Lapin à Lapin, par inoculation cérébrale, sous-scrotale ou intra-testiculaire de matériel cérébral humain provenant de cas de paralysie générale. — MM. **S. Nicolau** et **L. Kopciowska** : *Réactivation, à l'aide de la glycérine, du virus herpétique dans le cerveau de certains Lapins morts de « neuro-infection autostérilisée ».* s'agit de trois lapins morts d'une neuro-infection herpétique « autostérilisée » en apparence. En effet, les passages effectués en partant du cerveau frais de ces animaux sont restés négatifs. Les cerveaux conservés dans la glycérine ont récupéré une activité pathogène apparemment perdue, et se sont montré virulents dans les linoculations ultérieures. Le réveil d'un virus herpétique en apparence tué, probablement tenu en échec par l'activité des anticorps coexistant dans le cerveau, peut donc avoir lieu sous l'influence de la glycérine. Tout porte à croire que ces anticorps antitherpétiques sont beaucoup plus fragiles que le virus au contact de la glycérine. — MM. **S. Nicolau** et **L. Kopciovvska** : *Virus herpétique et pH.* Le virus herpétique, gardé pendant 6 heures à la température du laboratoire sous forme d'émulsions cérébrales à pH différent, conserve son activité pathogène dans des liquides dont la concentration en ions hydrogène varie entre pH 4,6 et pH 8,4. — Mme **N. Dobrovolskaïa-Zavadskia** et **H. N. Robozieff** : *Sur l'angiome et les kystes angiomateux chez la Souris.* L'apparition dans une seule lignée de Souris de 3 angiomes et 11 kystes angiomateux (états pathologiques presque inconnus ailleurs), révèle le caractère constitutionnel de ces affections et les rapproche des angiomes humains, dont la tendance héréditaire est bien connue. — Mme **N. Dobrovolskaï-Zavadskaïa** et M. **N. Kobozieff** : *« Cône-filament » et «pendeloque », deux mutations opposées de la queue de la Souris.* L'auteur décrit deux nouvelles mutations : « cône filament » et « pendeloque » apparues récemment dans la lignée de Souris à queue anormale cultivée par eux depuis plusieurs années. Ce polymorphisme rend probable l'idée que le facteur héréditaire qui correspond à la queue chez les Souris, se trouve en état de remaniement continnel, et que la lignée de Souris, porteuse de ce facteur, est une vraie lignée mutante, dans le même sens du mot qui lui a été attribué par De Vries. Les mutations de types divergents observées sur la queue de ces Souris représentent donc une espèce d'explosion d'activité « mutationiste » qui n'a pas encore été observée chez les animaux et qui doit être mise à part des mutations isolées généralement connues.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens.—11-30.